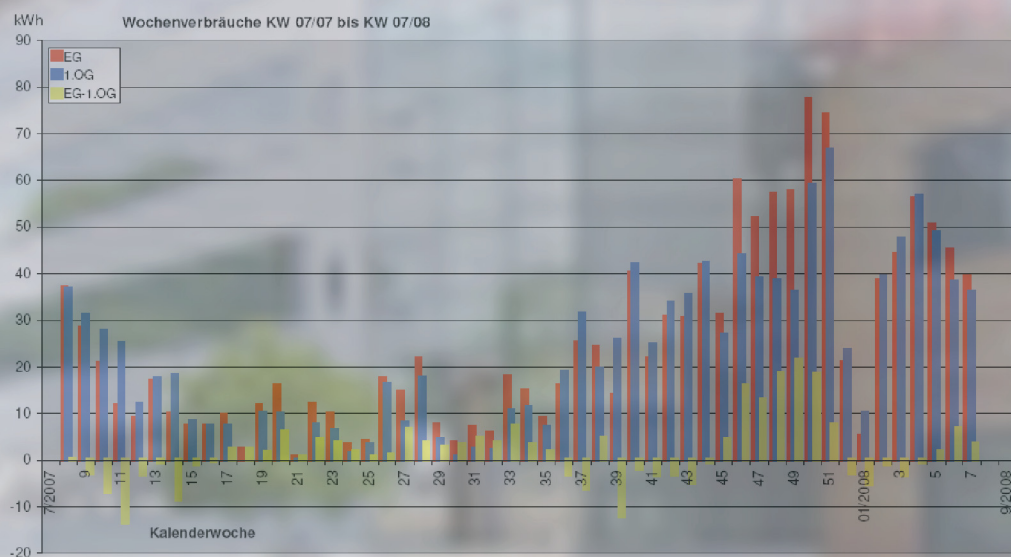




Einsparpotenziale  
“Alternative  
Beleuchtungskonzepte  
und Lichtmanagementsysteme”



Lichtmanagement  
in den Büroräumen des Verwaltungsgebäudes  
am Petersenschacht in Sondershausen

## **Impressum**

**Herausgeber:** Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Medien  
[www.tmbbm.de](http://www.tmbbm.de)

**Redaktion:** Landesamt für Bau und Verkehr  
[www.tlbv.de](http://www.tlbv.de)

**Redaktionsschluss:** August 2008

**Lichtmanagement in den Büroräumen des Verwaltungsgebäudes am Petersenschacht in Sondershausen im Rahmen der Studie „Einsparungspotenziale durch alternative Beleuchtungskonzepte und Lichtmanagement-Systeme“**

**Verfasser:** Thüringer Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Medien  
Landesamt für Bau und Verkehr

Eckdaten Bauprojekt

**Allgemein:**

Das frühere Staatsbauamt Erfurt (heute Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr, Abteilung 5) wurde 2001 mit der Sanierung des Verwaltungsgebäudes am Petersenschacht in Sondershausen (Dienstgebäude des ehemaligen Staatlichen Umweltamtes) beauftragt. Zielstellung war die Entwicklung und Realisierung eines architektonisch hochwertigen und energetisch vorbildlichen Objektes. Die Bauleistungen wurden in den Jahren 2003 und 2004 durchgeführt, die Übergabe des Objektes an den Nutzer erfolgte im Dezember 2004.

Das Objekt besteht aus zwei Bestandsbauten, die in der Längsachse versetzt zueinander stehen und durch einen neuen Zwischenbau miteinander verbunden wurden. Die Sanierung des 4.251 m<sup>2</sup> Bruttogrundrissfläche großen Verwaltungsgebäudes umfasste neben Baukonstruktion und Fassade auch alle haustechnischen Anlagen. Zusätzlich wurde im Vorfeld ein Energiekonzept mit Wirtschaftlichkeitsberechnung erstellt. Um den Forderungen eines Energiesparhauses zu entsprechen, wurde beispielsweise die Außenhülle mit dem Ziel optimiert, den Energiebedarf für Heizung, Kühlung und Beleuchtung auf ein Minimum zu reduzieren. Dies wird u. a. durch die Minimierung der Wärmeverluste, durch passive Solarenergienutzung und Tageslichtnutzung erreicht.

Planung:	Haushaltsunterlage-Bau	11/2001
	Ausführungsunterlage-Bau	09/2002

Ausführung:	01/2003 - 12/2004
-------------	-------------------

Übergabe an den Nutzer:	10.12.2004
-------------------------	------------

Versuchsprojekt

**Allgemein:**

Im September 2000 wurde entschieden, das Verwaltungsgebäude in die Studie „Einsparungspotenziale durch alternative Beleuchtungskonzepte und Lichtmanagement-Systeme“ einzubeziehen.

Messzeitraum:	08/2005 - 07/2006
	02/2007 - 02/2008

Versuchsfläche:	2 x ca. 326,40 m <sup>2</sup>
-----------------	-------------------------------

0	Zusammenfassung des Versuchsprojektes
1	Einleitung
2	Beschreibung des Versuchsprojektes
2.1	Allgemein
2.2	Beleuchtungslösung im 1.Obergeschoss
2.3	Beleuchtungslösung im Erdgeschoss
3	Kostenanalyse
3.1	Kapitalgebundene Kosten
3.2	Betriebsgebundene Kosten
3.3	Verbrauchsgebundene Kosten
3.3.1	Zeitraum August 2005 – August 2006
3.3.2	Zeitraum Februar 2007 – Februar 2008
4	Auswertung
4.1	1. Messzeitraum 01.08.2005 – 01.09.2006
4.2	2. Messzeitraum 13.02.2007 – 12.02.2008
4.3	Auswertung über beide Messzyklen
5	Auswertung der Nutzerbefragung
5.1	Auswertung 1. Messperiode
5.2	Auswertung 2. Messperiode
6	Schlussbemerkung
7	Anlagen
	Anlage 1: Wochenverbräuche Etagenbeleuchtung EG/1. OG Zeitraum 31. KW 2005 bis 35. KW 2006
	Anlage 2: Wochenverbräuche Etagenbeleuchtung EG/1. OG Zeitraum 13.02.2007 bis 12.02.2008
	Anlage 3: Wöchentliche Auswertung
	Anlage 4: Berechnung der anteiligen Wartungskosten für den Beleuchtungsanteil am LON
	Anlage 5 a: Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 – 1. Jahr
	Anlage 5 b: Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 – 2. Jahr
	Anlage 5 c: Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 – Durchschnitt über beide Jahre
	Anlage 6: Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 als Grenwertbetrachtung
	Anlage 7: Chronologischer Ablauf der Mängelbeseitigung
	Anlage 8: Klimadaten Wetterstation Erfurt-Bindersleben

## 0 Zusammenfassung des Versuchsprojektes

Am 01.08.2005 wurde im Dienstgebäude in Sondershausen die Versuchsreihe Wirtschaftlichkeit und Praxistauglichkeit von zwei praxisrelevanten Beleuchtungssteuerungen in Büroräumen gestartet.

Die Büros im Erdgeschoss (EG) und 1. Obergeschoss (OG) des Verwaltungsgebäudes wurden mit identischen Beleuchtungslösungen ausgestattet. Durch Änderungen der Programmierung können etagenweise zwei unterschiedliche Betriebsmodi eingestellt werden:

### Messperiode 1

EG: klassische, unregelte Beleuchtungssteuerung, muss manuell ein- bzw. ausgeschaltet werden

1. OG: tageslicht- und präsenzabhängige Beleuchtungssteuerung

### Messperiode 2

EG: tageslicht- und präsenzabhängige Beleuchtungssteuerung

1. OG: klassische, unregelte Beleuchtungssteuerung

Die Ergebnisse des Versuchsprojektes deuteten erwartungsgemäß nach der 1. Messperiode darauf hin, dass die konventionelle Beleuchtungslösung im Erdgeschoss mehr Energie verbraucht als die tageslicht- und präsenzabhängige Regelung der Beleuchtung im 1. Obergeschoss. Die Einsparungen in Höhe von 41,9 % bei den verbrauchsgebundenen Kosten durch Lichtregelung und präsenzabhängige Schaltung wurden wohl vor allem dadurch erreicht, dass nach einem automatischen Abschalten der Beleuchtung sich diese nicht wieder automatisch einschaltet. Erst wenn der Bedienstete die Beleuchtungsstärke des vorhandenen Tageslichtes als für ihn nicht mehr ausreichend empfindet, setzt ein erneutes manuelles Betätigen des Tasters die Beleuchtungsregelung wieder in Kraft.

Diese Besonderheit in der Konfiguration der Regelung beruht u. a. auf den Ergebnissen der Studie in den Büroräumen des Landwirtschaftsamtes Zeulenroda und wird darüber hinaus vor allem von den einzelnen Bediensteten als sehr angenehm empfunden. Der Individualität jedes Einzelnen mit doch erheblich unterschiedlichen Ansprüchen an Beleuchtungsstärke und damit letztlich auch Wohlbefinden am Arbeitsplatz wird damit Rechnung getragen. So ist auch das automatische Einschalten der Beleuchtung beim Betreten eines Raumes aus o. g. Gründen für die Energieeffizienz der Beleuchtungsanlage kontraproduktiv. Die Automatik erhöht die Einschaltdauer und den Elektroenergieverbrauch der Bürobeleuchtung.

Nach „Verlegung“ der tageslicht- und präsenzabhängigen Regelung aus dem 1. OG in das EG und der konventionellen aus dem EG in das 1. OG sollten sich die Verhältnisse theoretisch umkehren. Genau das passierte aber nicht. Der Stromverbrauch der präsenzabhängigen Schaltung in der 2. Messperiode lag geringfügig über dem der konventionellen. Daraus folgt, dass die Schlüsse nach dem 1. Messzyklus die Phänomene nicht korrekt beschreiben. Vielmehr überlagern Einflüsse wie die Lage (EG/1. OG) mit daraus resultierenden Unterschieden der natürlichen Belichtung und/oder Unterschiede im individuellen Verhalten der einzelnen Nutzer die Einflüsse der Regelung.

Unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten fällt die tageslicht- und präsenzabhängige Regelung schon im 1. Messzyklus durch, siehe Anlage 5 a: „Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 – 1. Jahr“.

Für den 2. Messzyklus ist auch ohne Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aufgrund des höheren Energieverbrauches offensichtlich, dass die tageslicht- und präsenzabhängige Regelung jenseits jeder Wirtschaftlichkeit arbeitet. Die zugehörigen Zahlen sind in Anlage 5 b: „Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 – 2. Jahr“ zusammengestellt.

Zur Komplettierung enthält Anlage 5c: „Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 – Durchschnitt über beide Jahre“ die entsprechenden Zahlen auf Basis des Durchschnittsverbrauchs beider Messperioden.

Die tageslicht- und präsenzabhängige Regelung der Beleuchtung erfordert eine qualifizierte Planung und praktische Erfahrungen. Ein deutlich erhöhter Inbetriebnahmeaufwand muss eingeplant und für eine akzeptable Funktion der Beleuchtungsregelung auch geleistet werden. Im Rahmen einer praktischen Erprobung wurde die Sensorik getestet und der optimale Installationsort ermittelt. Einen Musterraum einzurichten, hilft Betriebsprobleme zu vermeiden.

Die Akzeptanz des Nutzers für alternative Beleuchtungslösungen setzt deren störungsfreie und praktikable Funktion voraus. Nicht plausible Einschränkungen bzw. Wirkungen der Beleuchtungsregelung führen mitunter schnell zu einer ablehnenden Haltung. Die Einweisung des Nutzers und die Erläuterung der Beleuchtungslösungen sollten zur Selbstverständlichkeit gehören (siehe auch Kapitel 5).

# 1 Einleitung

Während die Mehrkosten für Planung und Realisierung alternativer Beleuchtungslösungen sowie dazugehöriger Steuer- und Regelkonzepte relativ einfach und sicher ermittelt werden können, lassen sich die Auswirkungen entsprechender Lösungen auf die Nutzungskosten praxisgerecht nur schwer einschätzen. Pauschale Aussagen, insbesondere zu den verbrauchsgebundenen Kosten bei unterschiedenen Beleuchtungskonzepten, helfen hier nicht wirklich weiter. Die in der Literatur bezifferten Einsparungspotenziale durch Lichtmanagement-Systeme schwanken in einem weiten Bereich von 10 - 75 %. Gesicherte und von Herstellerinteressen unabhängige Zahlen liegen jedoch kaum vor bzw. wurden nicht publiziert. Verallgemeinerungen und gesicherte Ableitungen sind insofern nicht möglich. Gerade das Einsparungspotenzial bei der elektrischen Arbeit bestimmt jedoch maßgeblich das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und damit die Entscheidung für alternative Beleuchtungslösungen.

Neben wirtschaftlichen Aspekten müssen jedoch auch die Qualität und die Praxistauglichkeit der einzelnen Beleuchtungslösungen betrachtet werden. Ohne die Akzeptanz des Nutzers ist es auf längere Sicht nicht möglich, entsprechende Systeme bestimmungs- und leistungsgemäß einzusetzen, zu nutzen und zu betreiben. Maßgeblich für die Akzeptanz des Nutzers ist die Bedienerfreundlichkeit der Lichtsysteme und deren Vorteile für den Dienstbetrieb.

Im Rahmen der Studie „Einsparungspotenziale durch alternative Beleuchtungskonzepte und Lichtmanagement-Systeme“ soll daher die praktikable Handhabung und Wirtschaftlichkeit von alternativen Beleuchtungslösungen und von Lichtmanagement-Systemen in landeseigenen Verwaltungsgebäuden untersucht werden. In diesem Zusammenhang ist keine theoretische bzw. mathematisch-wissenschaftliche Betrachtung vorgesehen. Insofern enthält der vorliegende Bericht auch keine physikalischen Grundlagen der Licht- und Beleuchtungstechnik. Vielmehr sollen die im weitestgehend realitätsnah durchgeführten Praxisprojekt ermittelten ersten Daten und Messergebnisse dargestellt werden. Die Ergebnisse der vorhandenen Studie und die zukünftige Auswertung dieser Studie sollen helfen, die bisherigen Planungsgrundsätze für Beleuchtungsanlagen in den Landesdienststellen des Freistaates Thüringen fortzuschreiben und zu präzisieren. Die Beleuchtungsanlagen in den Landesdienststellen sollen künftig effizienter sowie umwelt- und praxisgerechter ausgeführt werden.

Im August 2005 wurde im Dienstgebäude am Petersenschacht in Sondershausen das dritte Versuchsprojekt im Rahmen der Studie „Einsparpotenziale durch alternative Beleuchtungskonzepte und Lichtmanagement-Systeme“ begonnen. Hier wurden insbesondere verschiedene Lösungen des Lichtmanagements in Büroräumen auf praktikable Handhabung, Wirtschaftlichkeit, Effizienz und Akzeptanz untersucht. Eine präzise Auswertung und Analyse der vom Staatsbauamt Gera erstellten Studien, besonders „Lichtmanagement in den Büroräumen des Landwirtschaftsamtes Zeulenroda“ ergab wichtige Erfahrungen für die Durchführung dieses dritten Versuchsprojektes in Sondershausen.

Dieser Bericht beschreibt das über einen Zeitraum von zwei mal einem Jahr durchgeführte Versuchsprojekt "Lichtmanagement in den Büroräumen des Dienstgebäudes Staatliches Umweltamt Sondershausen", erläutert die vorhandenen Messergebnisse und versucht Schlussfolgerungen zu ziehen.



## **2 Beschreibung des Versuchsprojektes**

### **2.1 Allgemein**

Im Dienstgebäude wurden zwei Möglichkeiten der Schaltung bzw. Regelung der Beleuchtung in Büroräumen untersucht und bewertet. In das Versuchsprojekt einbezogen wurden die Büroräume im EG und 1. OG. Grundriss und Nutzung beider Etagen sind weitgehend vergleichbar, ebenso die installierten Leuchten. Die Beleuchtungsanlagen selbst wurden nach DIN EN 12454 geplant.

Über Änderungen der Programmierung können etagenweise zwei unterschiedlichen Betriebsmodi genutzt werden:

#### Messperiode 1

EG: klassische, unregelmäßige Beleuchtungssteuerung, muss manuell ein- bzw. ausgeschaltet werden

1. OG: tageslicht- und präsenzabhängige Beleuchtungssteuerung

#### Messperiode 2

EG: tageslicht- und präsenzabhängige Beleuchtungssteuerung

1. OG: klassische, unregelmäßige Beleuchtungssteuerung

Im Versuchszeitraum wurde die elektrische Arbeit für die Bürobeleuchtung der in den Versuch einbezogenen Räume je Geschoss über busfähige Verbrauchszähler erfasst. Für die Schaltung und Regelung der Beleuchtung im 1. OG sowie die Erfassung und Weiterleitung der Messergebnisse wurde der LON-Bus eingesetzt. Als Taster kamen konventionelle Taster, als Präsenzmelder konventionelle Bewegungsmelder und als Lichtsensoren konventionelle Lichtsensoren zum Einsatz.

Durch die beiden LON-Elektrozähler in den Etagen Erdgeschoss und 1. OG kann der elektrische Verbrauch beider Varianten verglichen werden. Mit den Verbrauchszählern wurden ausschließlich die Beleuchtungsstromkreise gezählt. Weitere Verbraucher sind nicht angeschlossen. Durch die Installation von Impulszählern mit mechanischem Zählwerk gehen bei Stromausfall keine Werte verloren. Die Übertragung der Werte erfolgt auf einen Rechner im Technikraum des 1. OG. Wöchentlich wurden die Werte zur gleichen Zeit abgelesen und protokolliert.



## 2.2 Beleuchtungslösung im 1. Obergeschoss

Im 1. Obergeschoss wurden 20 baugleiche Räume 1.10 bis 1.29 in das Versuchsobjekt einbezogen.

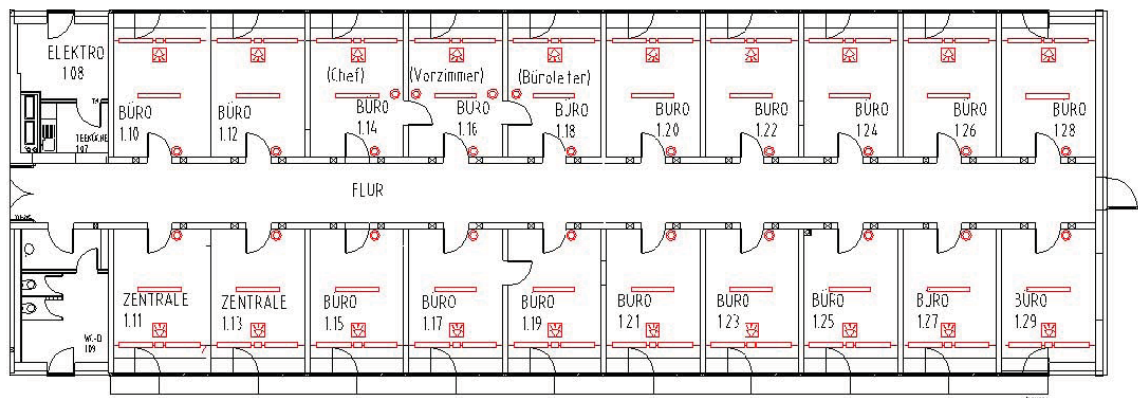


Abbildung 1: Grundriss 1. OG

Diese Büroräume haben folgende Geometrie und beleuchtungstechnische Ausstattung:

Raum-Nr.	Fläche (m <sup>2</sup> )	Systemleistung Beleuchtung je Raum (W)
1.10 - 1.29	je 16,32	1 St. 2 x 35 und 2 St. 2 x 28 = 182 W
Gesamt 1. OG :	326,40	3.640 W

Tabelle 1: Angaben zu Büroräumen im 1. OG

Die fensternahe Leuchtenreihe besteht aus einem mittels Seilabhängung abgependelten Rohrsystem, in das zwei Spiegelrasterleuchten 2 x 28 W sowie mittig der Multisensor integriert sind. Die flurnahe Leuchte ist eine separat abgependelte Spiegelrasterleuchte 2 x 35 W. Die Leuchten verfügen über T5-Leuchtstofflampen. Sie sind mit Dynamik-EVG, d. h. mit dimmbaren elektronischen Vorschaltgeräten ausgestattet. In den Räumen sind Taster und Multisensoren zur präsenzabhängigen Schaltung und tageslichtabhängigen Regelung der Beleuchtung installiert.

Die Bürobeleuchtung muss über den neben der Tür im Büroraum installierten Taster eingeschaltet werden. Die Beleuchtung wird also nicht automatisch bei erkannter Präsenz eingeschaltet. Mit dem manuellen Einschalten wird die Beleuchtung, in Abhängigkeit von der Außenhelligkeit, auf einen fest voreingestellten Startwert geregelt. Ausgehend von diesem Startwert beginnt die Lichtregelung und regelt den Dimmwert auf oder ab, um den gewünschten Sollwert im Arbeitsbereich zu erreichen.

Somit wird die Beleuchtung über Taster auch dann kurzzeitig eingeschaltet, wenn für die gewünschte Raumhelligkeit genügend Tageslicht vorhanden ist und kein Kunstlicht erforderlich wäre. Dies hat den Vorteil, dass bei Tasterbetätigung ein Nicht-Einschalten der Beleuchtung vom Nutzer oder Gebäudebetreiber immer als Anlagendefekt (z. B. defekter Taster, defektes LON-Modul, defektes EVG, defektes Leuchtmittel) erkannt werden kann. Würde der Ist-/Sollwertvergleich ein Einschalten verhindern, wäre ein Anlagendefekt nicht klar zu erkennen.

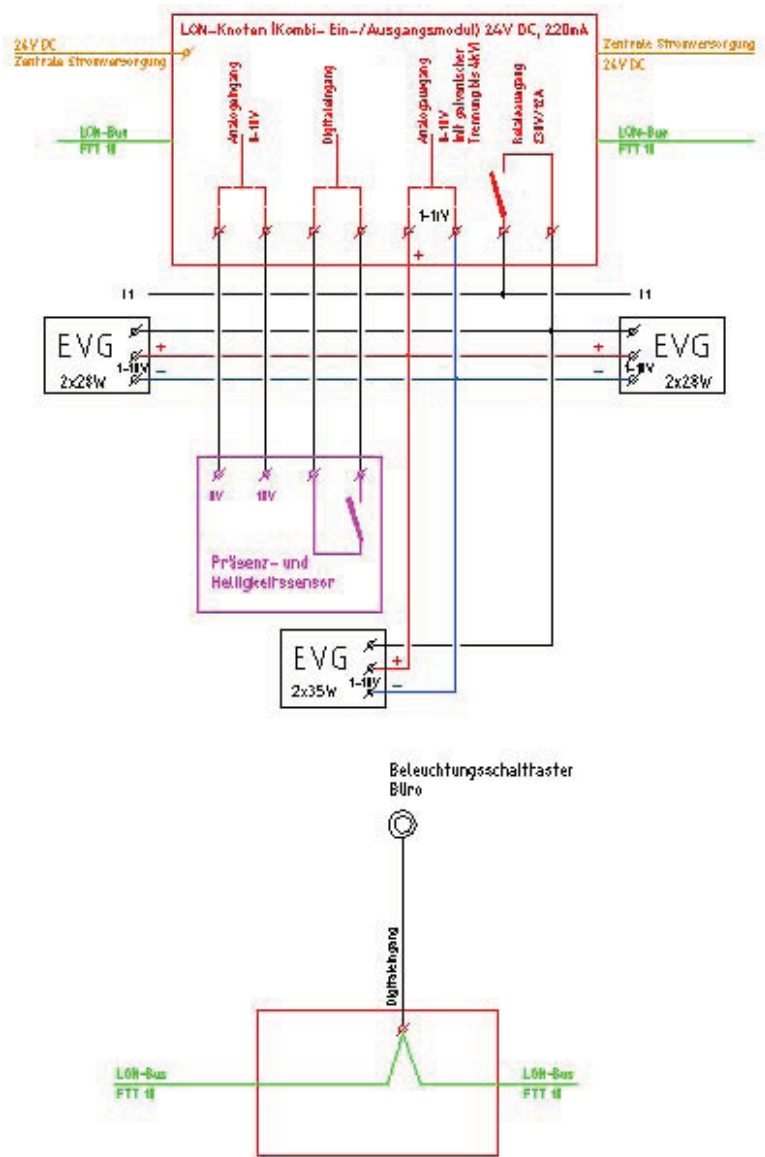


Abbildung 2: Anschlussschema LV-Modul (Lichtsensor, Bewegungsmelder, Leuchten)

In Abbildung 2 ist erkennbar, dass der konventionelle Lichttaster am digitalen Eingang des Raumreglers angeschlossen ist. Der Bewegungsmelder zur Erfassung der Raumpräsenz ist ebenfalls an einen digitalen Eingang des LON-Moduls angeschlossen. Bei erkannter Präsenz wird ein Schaltkontakt des konventionellen Bewegungsmelders geschlossen. Dies erkennt der digitale Eingang eines LON-Moduls. Der konventionelle Lichtsensor gibt die gemessene Raumhelligkeit als lineares Messsignal aus. Dies erkennt der analoge Eingang eines LON-Moduls. Präsenzmelder und Lichtsensor bilden ein gemeinsames Bauteil.

Der Lichtsensor erfasst sowohl den Tageslicht- als auch den Kunstlichtanteil und regelt mit steigendem Tageslichtanteil das Kunstlicht nach unten, so dass im Arbeitsbereich immer die geforderte Mindestbeleuchtungsstärke (hier 500 Lux gemäß DIN EN 12464) erreicht wird. Für die Regelung wird die gemessene Raumhelligkeit mit einem vorgegebenen Helligkeits-Sollwert verglichen. Das Regelverhalten erfolgt beim Abdimmen sehr viel träger als beim Aufdimmen. Bei sehr geringen Regelabweichungen (Differenz zwischen Soll- und Istwert kleiner als 20 Lux) wird die Regelung nochmals um den Faktor 2 gestreckt, so dass ein sehr träges „inneres Regelfenster“ entsteht. Insgesamt wird somit eine ruhige Regelung ohne Schwingungen erreicht.

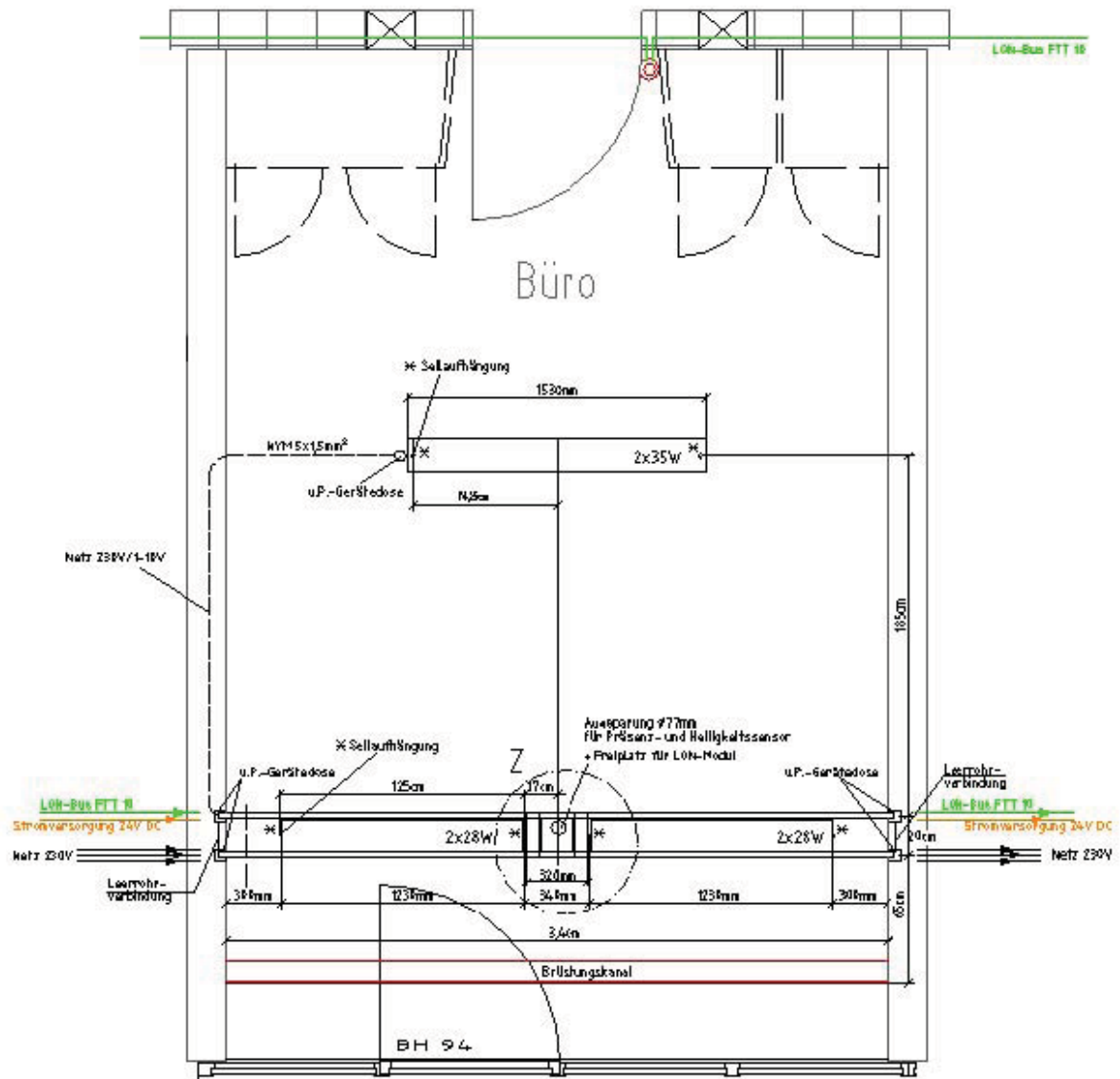


Abbildung 3: Musterraum

Die Position des Multisensors zur Präsenz- und Helligkeitserfassung befindet sich im Verbindungsmodul der beiden fensternahen Leuchten und liefert die entsprechenden Werte zur automatischen Regelung der Beleuchtung. Mit diesem Installationsort (ca. 1,00 m vom Fenster, raummittig) kann sowohl das Tageslicht mit einem Messbereich von 50 bis 5000 Lux ausreichend gut aufgenommen, als auch die Präsenz (Erfassungsbereich ca. 7 m Durchmesser, Entfernung zur Tür: 4 m) nahezu im gesamten Raum erfasst werden. Vor Beginn des Messzeitraums wurden hierzu mehrere Messungen, Abgleiche und Einregulierungen durchgeführt. Nach diesen relativ zeitaufwendigen Maßnahmen wurde eine Beleuchtungsstärke von  $E_m = 500 \text{ Lux}$  in der Arbeitsebene weitgehend sicher gewährleistet.

Eine generelle Abschaltung der Beleuchtung erfolgt mit der Scharfschaltung der Einbruchmeldeanlage, die Freigabe der Lichtsteuerung automatisch nach der Unscharfschaltung über die EMA.



Abbildung 4



Abbildung 5

Die Abbildung 4 zeigt einen Büroraum im 1. OG. In Abbildung 5 sind die Langfeldleuchten einschließlich des zwischen den fensternahen Leuchten angebrachten Multisensors ersichtlich.

Ist der Tageslichtanteil für das geforderte Beleuchtungsniveau allein ausreichend, dann werden die Leuchten nach 10-minütiger Verzögerung ganz ausgeschaltet. Wird das Beleuchtungsniveau nur kurzzeitig durch das Tageslicht überschritten, erfolgt keine Ausschaltung. Wurden die Leuchten im Laufe des Tages automatisch ausgeschaltet, so müssen diese, wie bereits im Vorfeld erläutert, über den Taster wieder neu eingeschaltet werden. Es erfolgt kein helligkeitsabhängiges, automatisches Wiedereinschalten, wenn das gewünschte Beleuchtungsniveau durch weniger Tageslicht wieder unterschritten wird.

Befinden sich für einen längeren Zeitraum als 10 Minuten keine Personen im Raum, so wird die Beleuchtung ebenfalls automatisch ausgeschaltet. Das Wiedereinschalten muss auch hier über den Taster erfolgen. Das präsenzabhängige Ausschalten erfolgt nicht sofort, sondern als verzögerte Abdimmung.

Dies hat den Vorteil, dass ein im Raum befindlicher Nutzer das präsenzabhängige Ausschalten erkennen kann und durch Lichttasterdruck ein Wiedereinschalten bewirken kann, bevor die Beleuchtung ganz ausgeschaltet ist. Dies kann der Fall sein, wenn sich Personen im Raum befinden, die keine erkennbare Bewegung verursachen oder wenn der betreffende Raum durch die Art der Möblierung nicht ausreichend vom Bewegungsmelder erfasst werden kann.

Ein manuelles Ausschalten der Leuchten ist über den Taster zu jeder Zeit möglich. Das Ausschalten über Lichttaster erfolgt direkt mit dem Tastendruck.

Im 2. Messzyklus wurde die Beleuchtungssteuerung auf ein Schaltverhalten umprogrammiert, das einer konventionellen Tasterschaltung entspricht, wie es im 1. Zyklus im EG genutzt wurde.

## 2.3 Beleuchtungslösung im Erdgeschoss

Im Erdgeschoss wurden die Räume 0.10 – 0.29 in das Versuchsprojekt einbezogen.

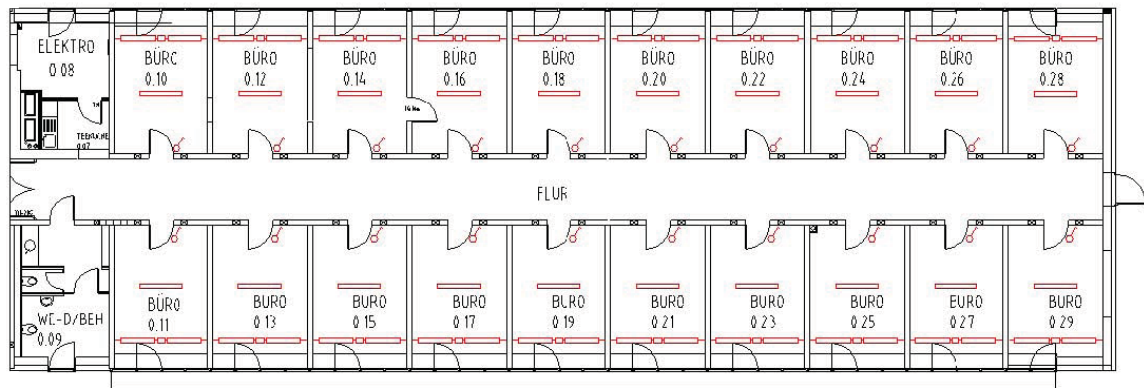


Abbildung 6: Grundriss EG

Diese Büroräume haben folgende Geometrie und beleuchtungstechnische Ausstattung:

Raum-Nr.	Fläche (m <sup>2</sup> )	Systemleistung Beleuchtung je Raum (W)
0.10 - 0.29	je 16,32	1 St. 2 x 35 und 2 St. 2 x 28 = 182 W
Gesamt EG:	326,40	3.640 W

Tabelle 2: Angaben zu Büroräumen im EG

Die Spiegelrasterleuchten im EG sind baugleich mit denen im 1. OG, bzw. in den anderen Etagen dieses Gebäudeteils des Dienstgebäudes. Die fensternahe Leuchtenreihe besteht aus einem mittels Seilabhängung abgependelten Rohrsystem, in das zwei Spiegelrasterleuchten 2 x 28 W sowie mittig der Multisensor integriert sind. Die flurnahe Leuchte ist eine separat abgependelte Spiegelrasterleuchte 2 x 35 W. Die Leuchten verfügen über T5-Leuchtstofflampen. Sie sind mit Dynamik-EVG, d. h. mit dimmbaren elektronischem Vorschaltgerät ausgestattet. Die Leuchten werden manuell über Taster und eine im Bus programmierte Stromstoßschalterfunktion ein- und ausgeschaltet.

Die Dimmfunktion ist im 1. Messzyklus deaktiviert.

Für den 2. Messzyklus wurde hier die Komfortschaltung aktiviert, die im 1. Zyklus im 1. OG genutzt wurde.

### 3 Kostenanalyse

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind die kapital-, betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten der beiden Beleuchtungslösungen zu ermitteln und miteinander zu vergleichen.

#### 3.1 Kapitalgebundene Kosten

Die Investitionskosten für die LON-Steuerung der Beleuchtungsanlagen im Erdgeschoss und im 1. OG wurden der Abrechnung des Bauauftrages entnommen, der Mehrpreis des geregelten EVG gegenüber einem ungeregelten wurde am Markt recherchiert.

Zur Vereinfachung wurden nur die Komponenten der Schaltung betrachtet, die von der Schaltung des anderen Geschosses abweichen.

lfd. Nr.	Leistung	Menge	EP [netto/€]	GP [brutto/€]
1	Multisensor	20	143,98	3.426,72
2	Kombi Ein-/ Ausgabemodul	20	301,07	7.165,47
3	LON Buskabel 1 x 2 x 0,25mm <sup>2</sup>	ca. 425 m	1,70	859,77
4	Mehrpreis EVG 0-10 V gegenüber ungeregeltem EVG	60	35,00	2.499,00
5	Inst.-Verteiler mit Spannungsversorgung, LON-Knoten und Router	1	1.701,36	2.024,62
6	Außen-Helligkeitsfühler (Aufteilung auf 5 Etagen)	0,2	274,03	65,22
7	Innen-Helligkeitsfühler (Aufteilung auf 5 Etagen)	0,2	158,99	37,84
8	Parametrierung, Programmierung, Inbetriebnahme und Dokumentation	1	2.524,00	3.003,56
Etage [brutto]				19.082,20

Tabelle 3: Kostenermittlung der Beleuchtungsanlage mit LON-Steuerung, präsenzabhängiger Schaltung und tageslichtabhängiger Regelung

lfd. Nr.	Leistung	Menge	EP [netto/€]	GP [brutto/€]
1	Stromstoßschalter	20	15,20	361,76
Etage [brutto]				361,76

Tabelle 4: Kostenermittlung der Beleuchtungsanlage mit konventioneller Stromstoßrelaistechnik

Die Investitionskosten betragen

für die LON-Beleuchtungssteuerung: 19.082,20 €  
und für die konventionelle Schaltung: 361,76 €

Die Investitionskosten der LON-Beleuchtungssteuerung liegen demnach um 18.720,44 € höher.

Bei der Kostendifferenz ist zu beachten, dass für das Beleuchtungsmanagement eine technisches Konzept gewählt wurde, welches eine möglichst hohe Energieeinsparung realisiert und dabei die bekannten Probleme in der Akzeptanz durch den Nutzer vermeiden sollte. Eine weniger aufwendige Schaltung würde nichts an der Kernaussage zur Wirtschaftlichkeit des Lichtmanagementsystems ändern (s. Kapitel 4).



### **3.2 Betriebsgebundene Kosten**

Für die konventionelle Steuerung werden die betriebsgebundenen Kosten (Bedienung, Reinigung, Instandhaltung) mit 1,5 % der Investitionskosten angesetzt und so in die Wirtschaftlichkeitsberechnung übernommen.

Für die LON-Steuerung gilt der gleiche Ansatz. Die zusätzlichen Kosten nach Wartungsangebot zur Ausschreibung in Höhe von 1.200,00 € netto/Jahr (nach Ablauf der Gewährleistungszeit) enthalten Wartungsarbeiten an der LON-Anlage zur Steuerung von Beleuchtungs-, Lüftungs- und Heizungsanlagen.

In Anlage 4 „Berechnung der anteiligen Wartungskosten für den Beleuchtungsanteil am LON“ erfolgt im 1. Schritt eine Berechnung des Beleuchtungsanteiles an den Wartungskosten (Aufteilung proportional zu den Investitionskosten). Danach liegt der Beleuchtungsanteil bei 54,1 %. Im 2. Schritt erfolgt die Berechnung des Anteils der Beleuchtungssteuerung einer Etage (EG oder 1. OG). Der so ermittelte Wert von 169,64 € wird als Aufschlag in Zeile C2 der Wirtschaftlichkeitsberechnungen berücksichtigt. Die Wartungskosten für die LON-Steuerung innerhalb der Gewährleistungszeit betragen 1.000 Euro netto/Jahr. Die Fehlerbewertung für die durchgängige Berechnung mit den Kosten für die Wartung nach der Gewährleistungszeit ist ebenfalls in Anlage 4 ausgewiesen. Der Fehler über die 4 Jahre beträgt ca. 113 €.

### **3.3 Verbrauchsgebundene Kosten**

Die Auflistung der Wochenverbräuche an Elektroenergie für die Bürobeleuchtung im EG und 1. OG enthält

- Anlage 1 für den 1. Messzyklus (KW 31/2005 bis KW 35/2006) und
- Anlage 2 für den 2. Messzyklus (KW 08/2007 bis KW 07/2008).

Der 1. Messzyklus ist damit 5 Wochen länger als 1 Jahr, diese 5 Wochen werden bei den Berechnungen ausgeblendet. Weiterhin konnten im Jahr 2006 in der 24. bis 30. Kalenderwoche (KW) vom Nutzer keine Messwerte geschrieben werden. Deshalb wurden im 2. Messzyklus, der sich eigentlich genau über ein Jahr erstreckte, die 24. bis 30. KW ebenfalls ausgeblendet. Damit sind die Zyklen im Jahresgang vergleichbar. Für Verbräuche und Kosten erfolgte dann eine Hochrechnung von 45 auf 52 Wochen.

Der damit verbundene Fehler kann für den 2. Messzyklus berechnet werden und wurde in Anlage 2 Seite 2 dargestellt und beträgt ca. 9 % (scheinbarer Mehrverbrauch).

Den Betriebskostenberechnungen liegt ein Arbeitspreis von 17,99 Cent/kWh zugrunde.

Für weitere Angaben und Informationen zur Wirtschaftlichkeit wird auf Anlagen 5 a bis 5 c „Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067“ verwiesen.



### 3.3.1 Zeitraum August 2005 - August 2006

Die Verbrauchswerte des 1. Messzyklus sind in tabellarischer Darstellung und als Diagramm erfasst in Anlage 1 Wochenverbräuche Etagenbeleuchtung EG/1. OG, Zeitraum 31. KW 2005 bis 35. KW 2006

Hier die Zusammenfassung des 1. Messzeitraumes, mit Hochrechnung der Verbräuche und Kosten auf ein Jahr:

1. Mess- zeitraum	Energieverbrauch/ Kosten EG		Energieverbrauch/ Kosten 1. OG		Mehrverbrauch/Mehrkosten EG		
	[kWh]	[€]	[kWh]	[€]	[kWh]	[€]	%
31. KW 2005 35. KW 2006							
Messzyklus	1.605,90	288,90	932,80	167,81	673,10	121,09	41,9
auf 1 Jahr gerechnet	1.855,71	333,84	1.077,90	193,91	777,80	139,93	41,9

Tabelle 5: Verbrauchszusammenfassung 1. Messzyklus

Hinweis:

Für die 24. bis 30. KW war kein Auslesen der Zählerstände möglich. Dies wird beim Vergleich mit dem Messzeitraum 13.02.2007 bis 12.02.2008 berücksichtigt.

### 3.3.2 Vergleichsmesszeitraum 13.02.2007 bis 12.02.2008

Die Verbrauchswerte des 2. Messzyklus sind in tabellarischer Darstellung und als Diagramm erfasst in Anlage 2 „Wochenverbräuche Etagenbeleuchtung EG/1. OG, Zeitraum 13.02.2007 bis 12.02.2008“.

Hier die Zusammenfassung des 2. Messzeitraumes, mit Hochrechnung auf ein Jahr:

2. Mess- zeitraum	Energieverbrauch/ Kosten EG		Energieverbrauch/ Kosten 1. OG		Mehrverbrauch/Mehrkosten EG		
	[kWh]	[€]	[kWh]	[€]	[kWh]	[€]	%
13.02.2007- 12.02.2008							
Messzyklus	1.218,80	219,26	1.143,10	205,64	75,70	13,62	6,2
auf 1 Jahr gerechnet	1.408,39	253,37	1.320,92	237,63	87,48	15,74	6,2

Tabelle 6: Verbrauchszusammenfassung 2. Messzyklus

Hinweis:

Für die 24. bis 30. KW war im 1. Messzyklus kein Auslesen der Zählerstände möglich. Dies wird beim Vergleich mit dem Messzeitraum 13.02.2007 bis 12.02.2008 berücksichtigt.

## **4 Auswertung**

### **4.1 1. Messzeitraum 01.08.2005 – 01.09.2006**

Die Messergebnisse zeigen erwartungsgemäß einen geringeren Verbrauch an elektrischer Energie im 1. OG gegenüber dem EG an. Der Energieverbrauch im 1. OG liegt knapp 42 % unter dem im EG.

Die Anlage 5 a „Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067“ zeigt, dass die Investitionsmehrkosten für die moderne Lichtsteuerung in Höhe von 18.720,44 € von der 41,9 %-igen Einsparung beim Beleuchtungsverbrauch (778 kWh/a Etage) nicht abgefangen werden können.

Die tageslicht- und präsenzabhängige Regelung verursacht danach bei einer Nutzungsdauer von 25 Jahren (ein sehr hoher Wert für Beleuchtungsanlagen) jährliche Mehrkosten von ca. 1.650 € gegenüber der konventionellen Schaltung.

Zur präziseren Auswertung der Messergebnisse wurde im Februar 2007 die bereits vorhandene Aufteilung EG/1. OG in der Art der Beleuchtungsinstallation (manuell/Lichtsteuerung) getauscht. Die Messergebnisse sind unter 4.2 dargestellt.

### **4.2 . 2. Messzeitraum 13.02.2007 – 12.02.2008**

Obwohl in der 2. Messperiode das 1. OG manuell geschaltet wurde, war hier der Energieverbrauch gegenüber dem EG um 7,4 % niedriger. Damit relativieren sich die Ergebnisse der 1. Messperiode stark. Daraus resultiert, dass der Energieverbrauch stärker von der Lage des Flures (EG/1. OG) oder dem individuellen Nutzerverhalten abhängt als von der Art der Beleuchtungssteuerung.

In Anlage 5 b „Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067“ sind die Jahresgesamtkosten für die 2. Messperiode berechnet. Die tageslicht- und präsenzabhängige Regelung verursacht in diesem Fall bei einer Nutzungsdauer von 25 Jahren jährliche Mehrkosten von ca. 1.886 € bei einem Mehrverbrauch von 96 kWh gegenüber der konventionellen Schaltung.

### **4.3 Auswertung über beide Messzyklen**

Für die Schwankungen innerhalb der Monate je Geschoss gibt es verschiedene Ursachen. Die Verteilung der Verbrauchswerte ist abhängig:

- a) vom jahreszeitlichen Verlauf (In den Sommermonaten wird durch den langen Zeitraum des natürlich vorhandenen Lichtes weniger künstliche Beleuchtung in den Büroräumen benötigt. Zum Vergleich sind in Anlage 8 die Monatswerte der Wetterdaten für die Wetterstation Erfurt-Bindersleben beigelegt, in denen auch die monatliche Summe Sonnenscheindauer (SOS) erfasst ist),
- b) von der Reduzierung der wöchentlichen Benutzungsstunden, die durch Feiertage bedingt ist,
- c) von der Reduzierung der wöchentlichen Benutzungsstunden, die durch Schulferien bedingt ist,
- d) von Änderungen in der Personalstruktur und
- e) von individuellem Nutzerverhalten.

Die Punkte a) und b) wirken jeweils im gleichen Maße auf den Energieverbrauch der Geschosse ein und sind für den Jahresgang verantwortlich. Die Schulferien zeichnen sich zumindest zu den typischen Urlaubsterminen (Sommerferien, Jahreswechsel) deutlich ab,

können aber bzgl. der Geschosse je nach Belegung unterschiedlich in Erscheinung treten. Zum Einfluss der drei letzten Faktoren wurden keine Erhebungen durchgeführt.

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung mit dem durchschnittlichen Verbrauch beider Jahre wurde in Anlage 5 c durchgeführt. Damit ergibt sich eine durchschnittliche Energieeinsparung von 345 kWh bei Mehrkosten von 1.767 €/Jahr für die automatische Beleuchtungssteuerung und damit keine Wirtschaftlichkeit.

Eine detailliertere Auswertung mit dem Vergleich der Verbräuche gleicher Kalenderwochen der beiden Messperioden ist in Anlage 3 „Wöchentliche Auswertung“ tabellarisch und in Diagrammform zu finden. Hier ist der Einfluss des Lichtmanagements auf den Verbrauch ablesbar.

Ein Vergleich der Verbräuche je Etage über beide Messzeiträume belegt entsprechende Einsparungen. Im Vergleich beider Jahre beträgt die Einsparung durch Lichtmanagement für das EG 447 kWh bzw. 24 % sowie im 1. OG 243 kWh bzw. ca. 18,5 %.

Im Gesamtvergleich sind insbesondere auch die Mittelwerte über die 2 Jahre interessant: Es zeigt sich, dass der durchschnittliche 2-Jahresverbrauch

- der Komfortsteuerung fast identisch mit dem des 1. OG ist und andererseits
- der des EG fast identisch mit dem der konventionellen Schaltung ist.

Während Recherchen im Internet bei diversen Leuchtenherstellern verständlicherweise hohe Einsparungen versprechen, sprechen sich unabhängige Institute überwiegend gegen Lichtsteuerungen aus. Ausschlaggebend ist hier nicht die Wirtschaftlichkeit, sondern die nicht vorhandene Akzeptanz bei den Nutzern. Das Tageslicht unterliegt allgemeinen Schwankungen, Wechselspielen von Licht und Schatten. Eine durchgängige Bereitstellung einer Beleuchtungsstärke von gleichbleibend 500 Lux oder mehr wird vom Menschen im Allgemeinen als nicht angenehm empfunden. Ein ständiges Nachregeln des Beleuchtungsniveaus wird ebenfalls abgelehnt. Deshalb sollte man sich von der Vorgabe einer einheitlichen Beleuchtungsstärke, die bisher als Zentralkriterium der Lichtplanung gesehen wurde, lösen.

Diesem Grundsatz wurde in der Wahl der Art der Beleuchtungsregelung im Verwaltungsgebäude in Sondershausen bereits Rechnung getragen. Im vorderen Teil dieser Studie wurde dies schon ausführlich beschrieben.

So hat hier dann auch nicht das Regelverhalten des Lichtmanagements zu mangelnder Akzeptanz beim Nutzer geführt, sondern das mit dem Schalten verbundene deutlich hörbare Klicken der Präsenzmelder. Das wurde als so lästig empfunden, dass der Rückbau dieser Regelung gefordert wurde. Das Problem konnte dann erst im August 2006 zufriedenstellend gelöst werden (s. Anlage 7 - Chronologischer Ablauf der Mängelbeseitigung).

## 5 Auswertung der Nutzerbefragung

Im Rahmen des Versuchsprojektes wurden die Mitarbeiter des Umweltamtes Sondershausen gebeten, die Bürobeleuchtung einzuschätzen und persönlich zu bewerten.

### 5.1 Auswertung 1. Messperiode

Der Fragebogen wurde nach der 1. Messperiode wie folgt beantwortet:

Frage	Angaben durch die Mitarbeiter im	
	EG (konventionelle Schaltung)	1. OG (tageslicht- und präsenzabhängige Beleuchtungssteuerung)
Helligkeit im Arbeitsbereich /Arbeitsebene	12,5 % mit sehr gut 87,5 % mit gut	18 % mit sehr gut 72 % mit gut 10 % mit durchschnittlich
Gleichmäßigkeit der Beleuchtung im Arbeitsbereich	25 % mit sehr gut 75 % mit gut	18 % mit sehr gut 46 % mit gut 18 % mit durchschnittlich 18 % mit schlecht
Bedienung der Beleuchtung	12,5 % mit sehr gut 25 % mit gut 25 % mit durchschnittlich 37,5 % keine Angabe	18 % mit sehr gut 18 % mit gut 55 % mit durchschnittlich 9 % keine Angabe
Schaltbarkeit der Beleuchtung	12,5 % mit sehr gut 25 % mit gut 25 % mit durchschnittlich 37,5 % keine Angabe	18 % mit sehr gut 9 % mit gut 18 % mit durchschnittlich 9 % mit schlecht 46 % keine Angabe
Dauer der eingestellten Nachlaufzeit der Beleuchtung	entfällt	18 % mit sehr gut 18 % mit gut 27 % mit durchschnittlich 10 % mit sehr schlecht 27 % keine Angabe
Blendeinwirkung	75 % keine 12,5 % mittel 12,5 % keine Angabe	54 % keine 10 % mittel 36 % keine Angabe
Spiegelung der Lampen im PC-Monitor	100 % keine	54 % keine 10 % mittel 36 % keine Angabe
Störanfälligkeit der Beleuchtungssteuerung	entfällt	36 % keine 18 % mittel 46 % keine Angabe
Persönliche Einschätzung insgesamt	12,5 % sehr gut 87,5 % gut	9 % sehr gut 46 % gut 36 % durchschnittlich

Es ist auffällig, dass die konventionelle Schaltung, für die es keine schlechte oder sehr schlechte Beurteilung gab, durchgängig besser bewertet wurde als die Komfortsteuerung. Besonders interessant sind die Aussagen zur Spiegelung der Leuchten im PC-Monitor. Aufgrund der objektiv gleichen Bedingungen (gleiche Raumgeometrie, identische räumliche Anordnung der Leuchten und gleiche Leuchtenbestückung) wäre zumindest hier eine für beide Varianten gleiche Bewertung zu erwarten. Tatsächlich zeigt sich hier, wie die Unzufriedenheit über die akustische Belästigung durch die Multisensoren die gesamte Bewertung bestimmt.

## **5.2 Auswertung 2. Messperiode**

Nach der 2. Messperiode wurde keine Befragung mit dem unter 6.1 aufgeführten Fragebogen durchgeführt.

Gemäß der vorliegenden pauschalen Bewertung durch den Amtsleiter ist die Akzeptanz der Präsenzmelder nach dem Umbau (Vergießen mit Kunstharz) besser geworden, da die Belästigung der Mitarbeiter durch die Schaltgeräusche erheblich reduziert werden konnten. Insgesamt wird im Ergebnis vieler Gespräche mit den Nutzern durch den Leiter der Dienststelle eine positive Haltung der Mitarbeiter zu der geänderten Schaltung bescheinigt.

## **6 Schlussbemerkung**

Die Studie bestätigt die Unwirtschaftlichkeit einer tageslicht- und präsenzabhängigen Beleuchtungssteuerung in Büroräumen. Die Grenzwertbetrachtung (Anlage 6) unter Zugrundelegung eines beleuchtungstechnischen Perpetuum Mobile für das Beleuchtungsmanagementsystem (Energieverbrauch = 0) zeigt sehr deutlich seine Unwirtschaftlichkeit im Dienstgebäude am Petersenschacht in Sondershausen.

Unter der vorgenannten Annahme ist ein Gleichstand der Jahresgesamtkosten über 25 Jahre erst bei einer Energieverbrauchssteigerung auf das 3,69-fache (von 1.857 kWh auf 6.848 kWh) für die konventionelle Schaltung gegeben.

Die Studie kann nicht eindeutig die Ursachen für die Verbrauchsdifferenzen in beiden Versuchszeiträumen belegen. Es überlagern sich mehrere Einflüsse. Dazu zählen neben den Auswirkungen der Regelung auch die Lage (EG/1. OG) mit daraus resultierenden Unterschieden der natürlichen Belichtung und die Unterschiede im individuellen Verhalten der einzelnen Nutzer. Ablesbar ist jedoch der Einfluss des Lichtmanagements auf den Verbrauch.

Als positives Ergebnis bleibt, dass die Probleme bei der Akzeptanz von Lichtmanagementsystemen gelöst werden können. Dazu sind die einwandfreie Funktion der Lichtregelung und eine individuelle Eingriffsmöglichkeit durch den Nutzer notwendig. Lichtmanagementsysteme für eine präsenzabhängige und tageslichtabhängige Regelung der Bürobeleuchtung sind noch immer keine „Plug and Play“-Lösungen.

**Wochenverbräuche Etagenbeleuchtung EG / 1.OG**  
**Zeitraum 31.KW 2005 bis 35.KW 2006**

**Hinweis:** KW 24-30: kein Auslesen der Zählerstände möglich

**EG: konventionell**

**1. OG: mit Beleuchtungssteuerung (Präsenzmelder)**

Kalender- woche	Wochenverbrauch / kWh		Differenz EG-1.OG
	EG	1.OG	
	konventionell	Präsenz	
29/2005			
30			
31	14,7	5,2	9,5
32	10,5	7,5	3
33	19,2	8,5	10,7
34	23,5	4,6	18,9
35	8	12	-4
36	13	5	8
37	41	22	19
38	13	13	0
39	48	28	20
40	40	22	18
41	38	22	16
42	44	24	20
43	39	25	14
44	47	29	18
45	50	30	20
46	51	43	8
47	67	44	23
48	50	37	13
49	77	51	26
50	80	56	24
51	62	40	22
52	29	22	7

Kalender- woche	Wochenverbrauch / kWh		Differenz EG-1.OG
	EG	1.OG	
	konventionell	Präsenz	
1/2006	81	69	12
2	64	40	24
3	65	31	34
4	47	32	15
5	50	23	27
6	58	31	27
7	51	35	16
8	46	29	17
9	17	11	6
10	16	6	10
11	30	8	22
12	23	5	18
13	29	18	11
14	24	10	14
15	24	7	17
16	8	4	4
17	24	14	10
18	1	1	0
19	1	0	1
20	18	4	14
21	9	0	9
22	20	2	18
23	35	2	33
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31	12	1	11
32	16	5	11
33	16	7	9
34	17	4	13
35	25	8	17
36			
37/2006			

Gesamtverbrauch über gesamten Messzyklus

1.691,9	957,8	734,1
---------	-------	-------

Gesamtverbrauch über vergleichbaren Messzyklus (45 Wochen)  
(KW 31/2005 bis KW 23/2006)

1.605,9	932,8	673,1
---------	-------	-------

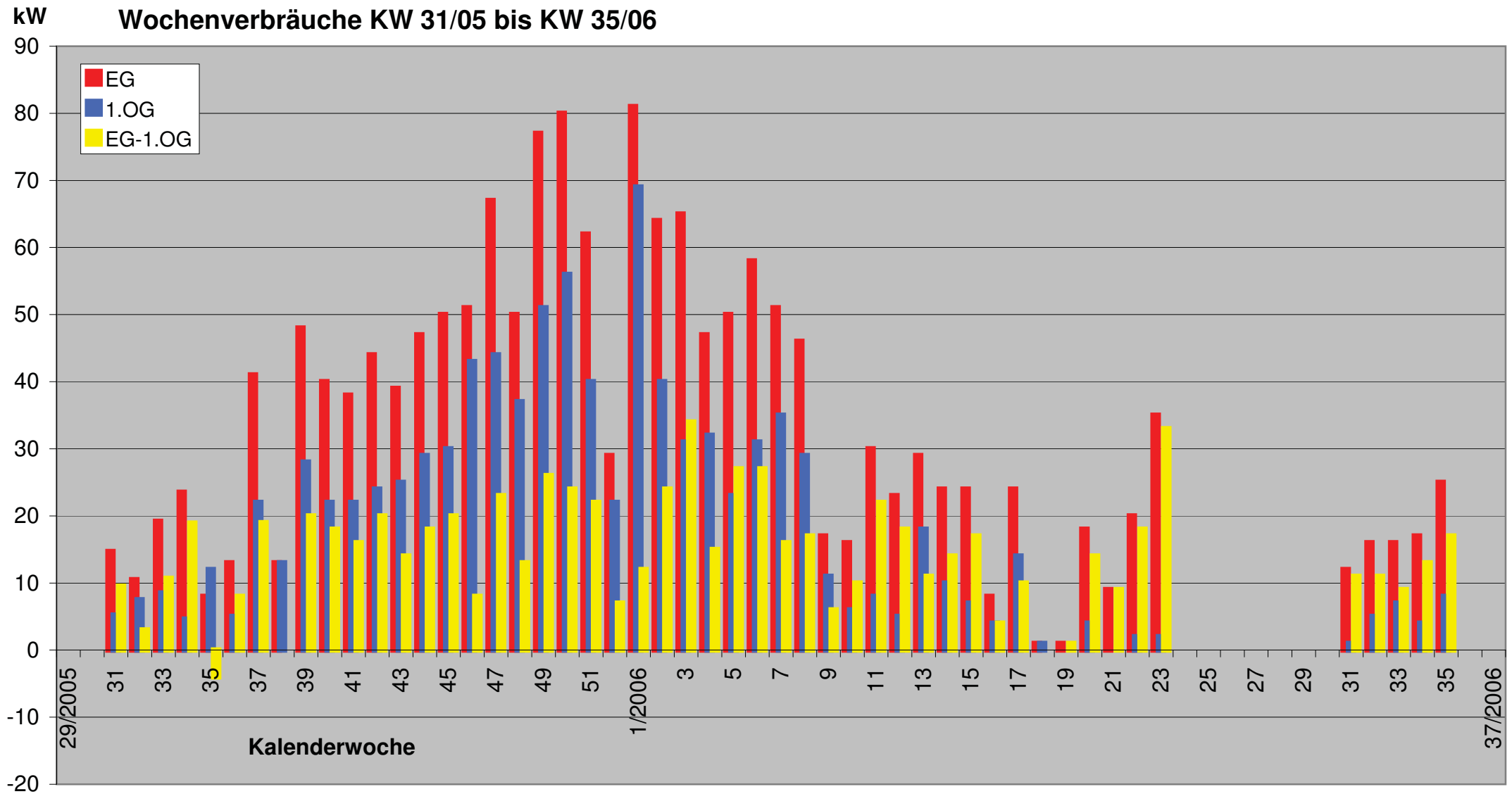
Hochrechnung auf 1 Jahr (52 Wochen)

1.855,7	1.077,9	777,8
---------	---------	-------

Prozentualer Minderverbrauch für Beleuchtungssteuerung

41,9%
-------





**Wochenverbräuche Etagenbeleuchtung EG / 1.OG**  
**Zeitraum 13.02.2007 – 12.02.2008**

**Ablesung: immer Dienstags 23:00 Uhr**

**EG: mit Beleuchtungssteuerung (Präsenzmelder)**

**1. OG: konventionell**

Ablese-Datum	Kalender-woche	Zählerstände		Wochenverbrauch / kWh		Differenz EG-1.OG
		EG	1.OG	EG	1.OG	
		Präsenz	konventionell	Präsenz	konventionell	
13.02.2007	7/2007	3.756,6	2.509,8			
20.02.2007	8	3.793,7	2.546,7	37,1	36,9	0,2
27.02.2007	9	3.821,9	2.577,8	28,2	31,1	-2,9
06.03.2007	10	3.842,7	2.605,3	20,8	27,5	-6,7
13.03.2007	11	3.854,5	2.630,4	11,8	25,1	-13,3
20.03.2007	12	3.863,4	2.642,4	8,9	12	-3,1
27.03.2007	13	3.880,3	2.659,8	16,9	17,4	-0,5
03.04.2007	14	3.890,1	2.678,1	9,8	18,3	-8,5
10.04.2007	15	3.897,4	2.686,4	7,3	8,3	-1
17.04.2007	16	3.904,6	2.693,7	7,2	7,3	-0,1
24.04.2007	17	3.914,3	2.701,1	9,7	7,4	2,3
01.05.2007	18	3.916,6	2.701,1	2,3	0	2,3
08.05.2007	19	3.928,3	2.711,2	11,7	10,1	1,6
15.05.2007	20	3.944,3	2.721,1	16	9,9	6,1
22.05.2007	21	3.945,1	2.721,2	0,8	0,1	0,7
29.05.2007	22	3.957,2	2.728,8	12,1	7,6	4,5
05.06.2007	23	3.967,2	2.735,1	10	6,3	3,7
12.06.2007	24	3.970,4	2.736,5	3,2	1,4	1,8
19.06.2007	25	3.974,4	2.739,8	4	3,3	0,7
26.06.2007	26	3.991,8	2.756,1	17,4	16,3	1,1
03.07.2007	27	4.006,5	2.764,1	14,7	8	6,7
10.07.2007	28	4.028,1	2.781,9	21,6	17,8	3,8
17.07.2007	29	4.035,6	2.786,5	7,5	4,6	2,9
24.07.2007	30	4.039,4	2.787,1	3,8	0,6	3,2
31.07.2007	31	4.046,5	2.789,4	7,1	2,3	4,8
07.08.2007	32	4.052,3	2.791,4	5,8	2	3,8
14.08.2007	33	4.070,3	2.802,1	18	10,7	7,3
21.08.2007	34	4.085,1	2.813,5	14,8	11,4	3,4
28.08.2007	35	4.094,1	2.820,6	9	7,1	1,9
04.09.2007	36	4.110,1	2.839,6	16	19	-3
11.09.2007	37	4.135,3	2.870,9	25,2	31,3	-6,1
18.09.2007	38	4.159,7	2.890,6	24,4	19,7	4,7
25.09.2007	39	4.173,5	2.916,3	13,8	25,7	-11,9
02.10.2007	40	4.213,7	2.958,4	40,2	42,1	-1,9
09.10.2007	41	4.235,4	2.983,3	21,7	24,9	-3,2
16.10.2007	42	4.266,1	3.017,1	30,7	33,8	-3,1
23.10.2007	43	4.296,6	3.052,5	30,5	35,4	-4,9
30.10.2007	44	4.338,4	3.094,8	41,8	42,3	-0,5
06.11.2007	45	4.369,6	3.121,6	31,2	26,8	4,4
13.11.2007	46	4.429,5	3.165,5	59,9	43,9	16
20.11.2007	47	4.481,4	3.204,5	51,9	39	12,9
27.11.2007	48	4.538,5	3.242,9	57,1	38,4	18,7
04.12.2007	49	4.596,2	3.279,1	57,7	36,2	21,5
11.12.2007	50	4.673,6	3.338,1	77,4	59	18,4
18.12.2007	51	4.747,6	3.404,6	74	66,5	7,5
25.12.2007	52	4.768,5	3.428,2	20,9	23,6	-2,7

Ablese-Datum	Kalender-woche	Zählerstände		Wochenverbrauch / kWh		Differenz EG-1.OG
		EG	1.OG	EG	1.OG	
		Präsenz	konventionell	Präsenz	konventionell	
01.01.2008	01/2008	4.773,6	3.438,4	5,1	10,2	-5,1
08.01.2008	2	4.812,1	3.477,8	38,5	39,4	-0,9
15.01.2008	3	4.856,2	3.525,2	44,1	47,4	-3,3
22.01.2008	4	4.912,3	3.581,8	56,1	56,6	-0,5
29.01.2008	5	4.962,9	3.630,6	50,6	48,8	1,8
05.02.2008	6	5.008,1	3.668,9	45,2	38,3	6,9
12.02.2008	7	5.047,6	3.704,9	39,5	36	3,5
	8					
	9/2008					

Gesamtverbrauch über das Jahr

1.291,0

1.195,1

95,9

Prozentualer Mehrverbrauch für Beleuchtungssteuerung

7,4%

Für die 24. bis 30. KW des 1. Messzyklus (31.KW 2005 bis 35. KW 2006) liegen keine Messwerte vor. Dieser Zeitraum wird in der Auswertung zur Herstellung vergleichbarer Messzyklen für 2007 ebenfalls ausgeblendet.

Gesamtverbrauch über vergleichbaren Messzyklus

(45 Wochen)

1.218,8

1.143,1

75,7

Hochrechnung auf 1 Jahr

(52 Wochen)

1.408,4

1.320,9

87,5

Prozentualer Mehrverbrauch für Beleuchtungssteuerung

6,2%

Durch das Ausblenden der 24. - 30. KW (Zeiten mit viel natürlicher Belichtung) und Hochrechnung von 45 Wochen auf 52 Wochen ergibt sich ein Fehler (rechnerischer Mehrverbrauch) von:

Hochgerechneter Verbrauch:

1.408,4

1.320,9

kWh

tatsächlicher Gesamtverbrauch über das Jahr:

1.291,0

1.195,1

kWh

Fehler:

117,4

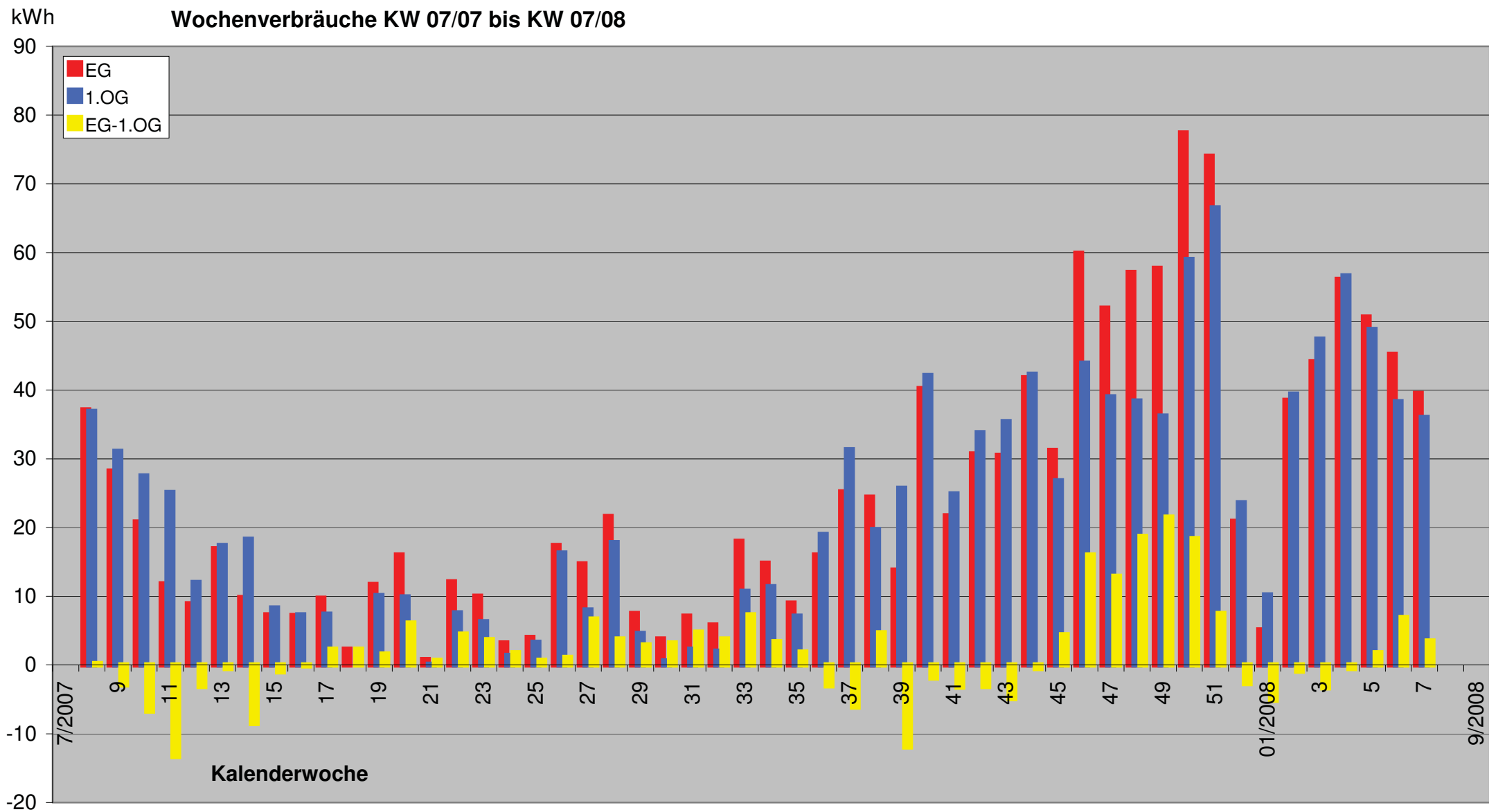
125,8

kWh

in %, bezogen auf den hochgerechneten Verbrauch:

8,3%

9,5%



**Wöchentliche Auswertung**

In diese Tabelle wurden die Wochenverbrauchswerte analog zum 2. Messzyklus eingeordnet.

Kalender- woche	Wochenverbrauch / kWh				Mittelwert über				Abweichung vom Mittelwert der	
	2005-2006		2007-2008		Geschosse		Steuerungen		Ge- schosse EG-1.OG	Steuerungen konv.- Präsenz
	EG konven- tionell	1.OG Präsenz	EG Präsenz	1.OG konven- tionell	EG	1.OG	Präsenz	konven- tionell		
7										
8	46	29	37,1	36,9	41,6	32,9	33,1	41,4	8,7	8,3
9	17	11	28,2	31,1	22,6	21,1	19,6	24,1	1,5	4,5
10	16	6	20,8	27,5	18,4	16,8	13,4	21,8	1,6	8,4
11	30	8	11,8	25,1	20,9	16,6	9,9	27,6	4,3	17,7
12	23	5	8,9	12	16	8,5	7	17,5	7,5	10,5
13	29	18	16,9	17,4	23	17,7	17,5	23,2	5,3	5,7
14	24	10	9,8	18,3	16,9	14,1	9,9	21,1	2,8	11,2
15	24	7	7,3	8,3	15,7	7,7	7,2	16,2	8	9
16	8	4	7,2	7,3	7,6	5,6	5,6	7,6	2	2
17	24	14	9,7	7,4	16,9	10,7	11,9	15,7	6,2	3,8
18	1	1	2,3	0	1,6	0,5	1,6	0,5	1,1	-1,1
19	1	0	11,7	10,1	6,4	5	5,9	5,5	1,4	-0,4
20	18	4	16	9,9	17	7	10	14	10	4
21	9	0	0,8	0,1	4,9	0	0,4	4,5	4,9	4,1
22	20	2	12,1	7,6	16,1	4,8	7	13,8	11,3	6,8
23	35	2	10	6,3	22,5	4,1	6	20,6	18,4	14,6
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										

Kalender- woche	Wochenverbrauch / kWh				Mittelwert über				Abweichung vom Mittelwert der	
	2005-2006		2007-2008		Geschosse		Steuerungen		Ge- schosse EG-1.OG	Steuerungen konv.- Präsenz
	EG konven- tionell	1.OG Präsenz	EG Präsenz	1.OG konven- tionell	EG	1.OG	Präsenz	konven- tionell		
31	14,7	5,2	7,1	2,3	10,9	3,8	6,1	8,5	7,1	2,4
32	10,5	7,5	5,8	2	8,2	4,8	6,7	6,3	3,4	-0,4
33	19,2	8,5	18	10,7	18,6	9,6	13,3	14,9	9	1,6
34	23,5	4,6	14,8	11,4	19,1	8	9,7	17,5	11,1	7,8
35	8	12	9	7,1	8,5	9,5	10,5	7,5	-1	-3
36	13	5	16	19	14,5	12	10,5	16	2,5	5,5
37	41	22	25,2	31,3	33,1	26,7	23,6	36,2	6,4	12,6
38	13	13	24,4	19,7	18,7	16,3	18,7	16,3	2,4	-2,4
39	48	28	13,8	25,7	30,9	26,9	20,9	36,9	4	16
40	40	22	40,2	42,1	40,1	32,1	31,1	41,1	8	10
41	38	22	21,7	24,9	29,8	23,5	21,8	31,5	6,3	9,7
42	44	24	30,7	33,8	37,4	28,9	27,4	38,9	8,5	11,5
43	39	25	30,5	35,4	34,8	30,2	27,8	37,2	4,6	9,4
44	47	29	41,8	42,3	44,4	35,7	35,4	44,7	8,7	9,3
45	50	30	31,2	26,8	40,6	28,4	30,6	38,4	12,2	7,8
46	51	43	59,9	43,9	55,4	43,5	51,4	47,5	11,9	-3,9
47	67	44	51,9	39	59,4	41,5	47,9	53	17,9	5,1
48	50	37	57,1	38,4	53,6	37,7	47,1	44,2	15,9	-2,9
49	77	51	57,7	36,2	67,3	43,6	54,3	56,6	23,7	2,3
50	80	56	77,4	59	78,7	57,5	66,7	69,5	21,2	2,8
51	62	40	74	66,5	68	53,3	57	64,3	14,7	7,3
52	29	22	20,9	23,6	24,9	22,8	21,4	26,3	2,1	4,9
1	81	69	5,1	10,2	43,1	39,6	37,1	45,6	3,5	8,5
2	64	40	38,5	39,4	51,3	39,7	39,3	51,7	11,6	12,4
3	65	31	44,1	47,4	54,5	39,2	37,5	56,2	15,3	18,7
4	47	32	56,1	56,6	51,6	44,3	44,1	51,8	7,3	7,7
5	50	23	50,6	48,8	50,3	35,9	36,8	49,4	14,4	12,6
6	58	31	45,2	38,3	51,6	34,7	38,1	48,2	16,9	10,1
7	51	35	39,5	36	45,3	35,5	37,3	43,5	9,8	6,2
8										

Kalender- woche	Wochenverbrauch / kWh				Mittelwert über				Abweichung vom	
	2005-2006		2007-2008						Mittelwert der	
	EG	1.OG	EG	1.OG	Geschosse		Steuerungen		Ge-	Steuerungen
	konven- tionell	Präsenz	Präsenz	konven- tionell	EG	1.OG	Präsenz	konven- tionell	schosse EG-1.OG	konv.- Präsenz

**Summen /Messperiode**

45 Wochen	1.605,90	932,80	1.218,80	1.143,10	1.412,35	1.037,95	1.075,80	1.374,50	374,40	298,70
über 1 Jahr	1.855,71	1.077,90	1.408,39	1.320,92	1.632,05	1.199,41	1.243,15	1.588,31	432,64	345,16

**jährliche Energiekosten unter Annahme eines Arbeitspreises von**
**17,99 Cent / kWh (siehe 3.3)**

Kosten / €	333,84	193,91	253,37	237,63	293,61	215,77	223,64	285,74	77,83	62,10
------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	-------

**Gesamtkosten für 2 Jahre über Geschosse**
**587,21**
**431,54**
**Gesamtkosten für 2 Jahre über Steuerungsvarianten**
**447,28**
**571,47**
**Gesamtkosten für 2 Jahre total**
**1.018,75**
**Minderverbrauch je Jahr 1.OG**

(kWh)

777,80

87,48

**ges. über 2 Jahre**

865,28

(Euro)

139,93

15,74

155,67

(%)

41,9%

6,2%

26,5%

**Minderverbrauch je Jahr Präsenzsteuerung**

(kWh)

777,80

-87,48

**ges. über 2 Jahre**

690,33

(Euro)

139,93

-15,74

124,19

(%)

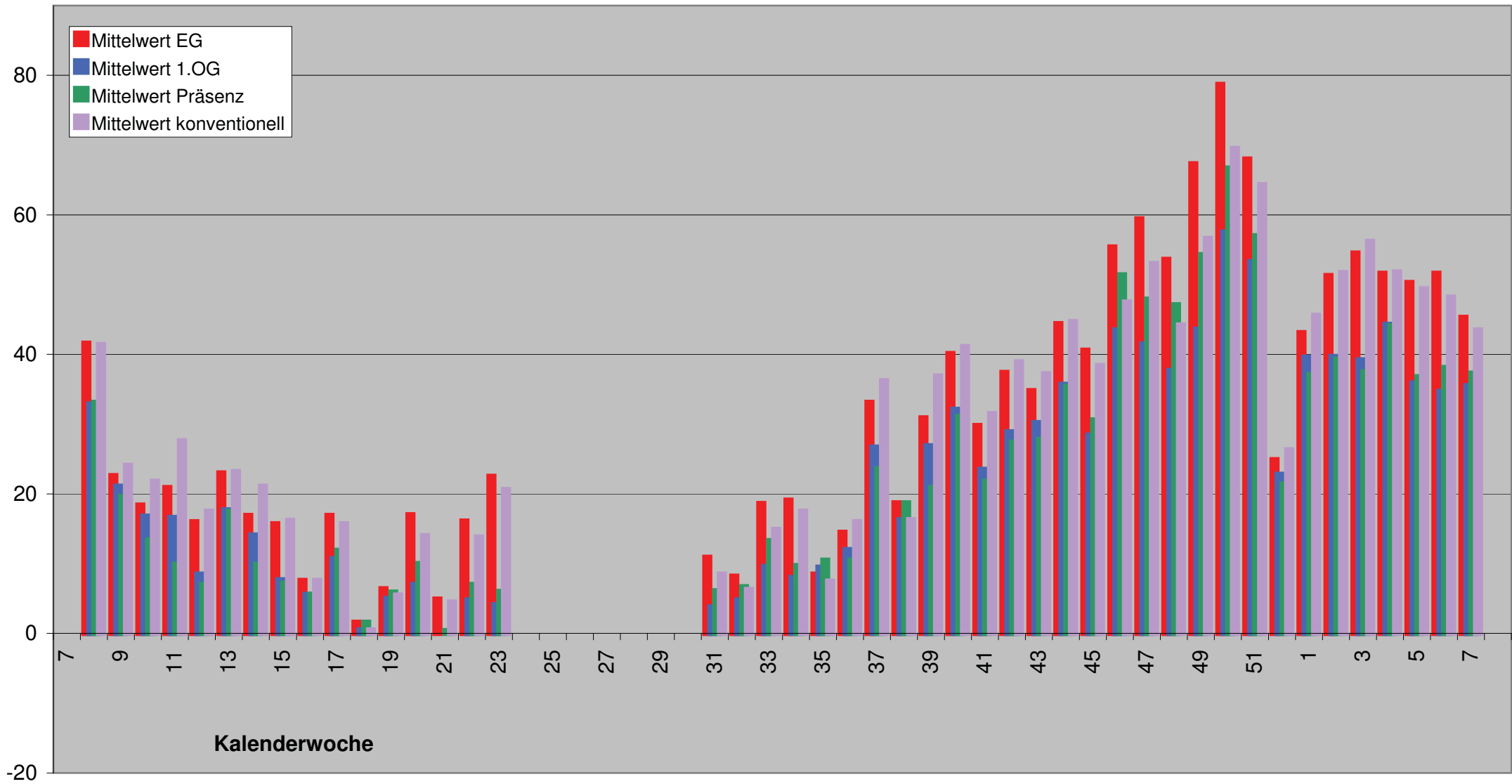
41,9%

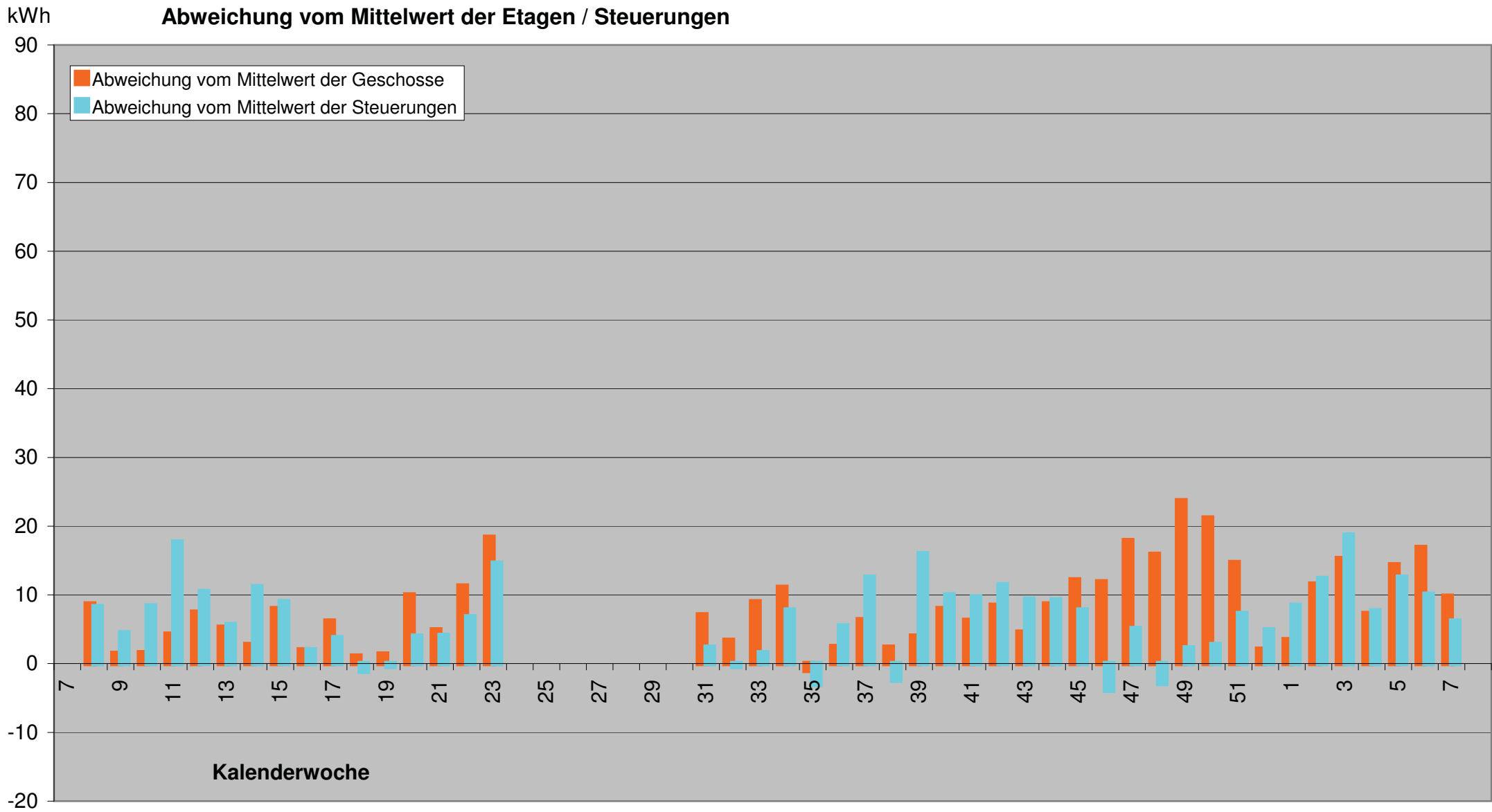
-6,6%

21,7%

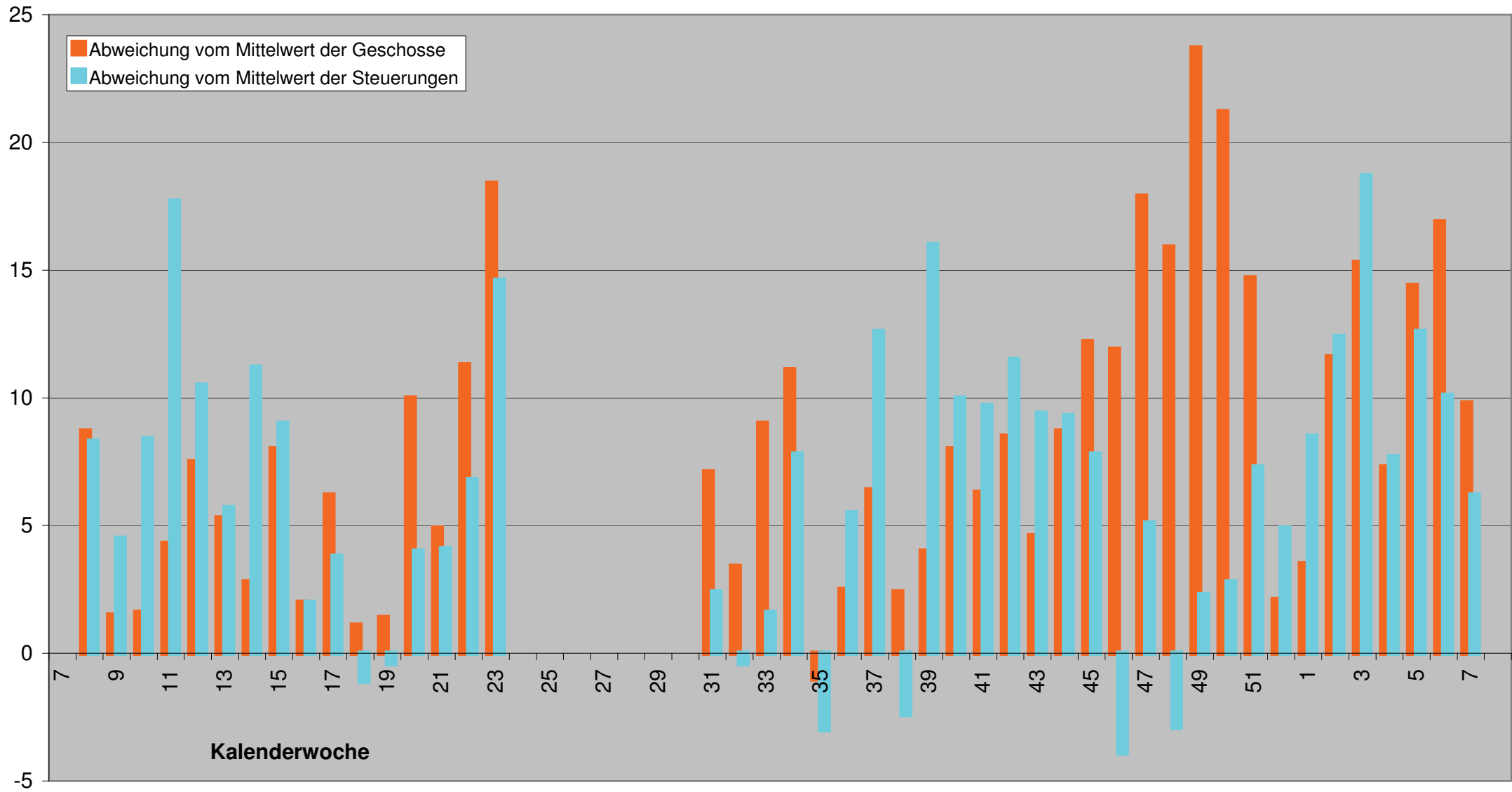


kWh **Mittelwerte über Etagen / Steuerungen**





kWh **Abweichung vom Mittelwert der Etagen / Steuerungen (feine Darstellung)**



**Berechnung der anteiligen Wartungskosten für den Beleuchtungsanteil am LON**Aufteilung Kosten der zu wartenden LON-Komponenten nach Gewerken

Über LON werden Anlagen in den Gewerken Beleuchtung, Lüftung und Heizung gesteuert.

Für eine Einschätzung der anteiligen Wartungskosten für die LON-Beleuchtungssteuerung erfolgt eine Aufteilung der Wartungspauschale für LON nach den Anlagenkosten der LON-Anteile.

Titel	Pos.	Menge	ME	Position	EP (€)	GP (€)
<b>A Beleuchtung</b>						
44.40.	1465	91,00	St.	Kombi- Ein- / Ausgabemodul	301,07 €	27.397,37 €
44.40.	1470	91,00	St.	Multisensor	143,98 €	13.102,18 €
N 48.10	25	1,00	St.	Router	542,11 €	542,11 €
N 48.10.	75	1,00	St.	Aussen-Helligkeitsfühler	274,03 €	274,03 €
N 48.10.	77	1,00	St.	Raum-Helligkeitsfühler	158,99 €	158,99 €
<b>Anteil Beleuchtung</b>				<b>Titelsumme:</b>	<b>41.474,68 €</b>	
<b>B Lüftung</b>						
45.60.	001	1,00	St.	LON-busfähige Lüftungszentrale	1.034,28 €	1.034,28 €
<b>Anteil Lüftung</b>				<b>Titelsumme:</b>	<b>1.034,28 €</b>	
<b>C Heizung</b>						
N 48.10	25	1,00	St.	Router	542,11 €	542,11 €
N 48.10	80	99,00	St.	Raumbediengerät	263,60 €	26.096,40 €
N 48.10	85	114,00	St.	El. Stellantrieb 3-Punkt	57,60 €	6.566,40 €
<b>Anteil Heizung</b>				<b>Titelsumme:</b>	<b>32.662,80 €</b>	
<b>D Integrale Komponenten</b> (von allen Gewerken benötigt)						
N 48.10	33	1,00	St.	Spannungsversorgung Feldgeräte	187,64 €	187,64 €
N 48.10	45	1,00	St.	Lonworks Feldbusknoten	427,51 €	427,51 €
B 48.10	50	1,00	St.	4-Kanal Digital-Eingangsmodul	427,51 €	427,51 €
B 48.10	55	1,00	St.	2-Kanal Digital-Eingangsmodul	427,51 €	427,51 €
B 48.10	71	1,00	St.	Internet-Server mit Modem	759,16 €	759,16 €
48.10	70	1,00	St.	Schnittstelle	421,50 €	421,50 €
<b>Anteil integrale Komponenten</b>				<b>Titelsumme:</b>	<b>2.650,83 €</b>	
<b>Gesamtkosten der zu wartenden LON-Komponenten</b>						<b>78.364,70 €</b>
Bei gleichmäßiger Aufteilung der Kosten der integralen Komponenten auf Beleuchtung, Lüftung und Heizung ergibt sich ein Drittel zu						
					883,61 €	
Damit geht die LON-Beleuchtungssteuerung mit						
Anteil Beleuchtung					41.474,68 €	
1/3 Anteil integrale Komponenten					883,61 €	
Summe:					42.358,29 €	
in die Wartung ein, der prozentuale Anteil beträgt						<b>54,1%</b>
<b>Anteilige Jahreswartungskosten</b>						
Gemäß ausgeschriebenen Wartungsvertrag betragen die jährlichen Wartungskosten für die LON-Technik						
<b>innerhalb der Gewährleistungszeit</b>				<b>nach Ablauf der Gewährleistungszeit</b>		
gesamt	netto	1.000,00 €			1.200,00 €	
gesamt	brutto	1.190,00 €			1.428,00 €	
Im Gebäude sind 91 mit Beleuchtungssteuerung ausgestattete Räume,						
davon im EG und im 1.OG je 20 Räume.						
Damit ergibt sich der Anteil einer Etage mit 20/91						
LON 1 Etage	brutto	261,54 €			313,85 €	
davon Anteil Beleuchtungssteuerung						
		54,1%	<b>141,37 €</b>		<b>169,64 €</b>	
Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 wird nur mit den Kosten für die Wartung nach Ablauf der Gewährleistung weitergerechnet, da dieser Wert für 21 Jahre gilt, der Wert für die Wartungskosten innerhalb der Gewährleistungszeit nur für 4 Jahre.						
Der Fehler über die 4 Jahre beträgt ca. 113.00 € brutto und ist damit vernachlässigbar.						

## Jahreskosten verschiedener Varianten

Liegenschaft / Projekt : **Staatl. Umweltamt Sondershausen**Variante : **1 automatische Beleuchtungssteuerung**

Meßzyklus: 1. Jahr

( Grobe Kostenaufstellung )

A.	Kapitalgebundene Kosten - nur variantenbezogene Kosten - Anlagen,Bauwerksteil etc.	St./Anz.	EP	Kosten Investitionen €	Nutzd. Jahre TN	Kapital- Jahreskost €/a	Instandhalt. 1,5 % Kosten €/a	Bemerk.
A. 1					25	0	1,5	
A. 2					25	0	1,5	
A. 3					25	0	1,5	
A. 4	Installationskosten moderne Anlage, mit Multisensoren, Kombi-Modulen,				25	0	1,5	
A. 5	dyn.EVG, Router, Steuerkabel, Programmierung, Parametrierung etc.			19.082	25	1.354	1,5	286
A. 6	(nur die in beiden Schaltungen verschiedenen Komponenten)				25	0	1,5	
A. 7					25	0	1,0	
A. ..	Baunebenkosten, Planungskosten, etc.	0% v.	19.082	0	25	0		
A50	Summen :			19.082		1.354		286
	Mehrkosten zu anderen Varianten :			18.720		1.328		(Add.C1)

B.	Verbrauchsgebundene Kosten						Menge kWh/a	* E-Preis * C€/kWh	
B. 1	(1,030) Energiekosten :								
B. 2	(1,030)								
B. 3	(1,030)								
B. 4	(1,030)								
B. 5	(1,030)								
B. 6	(1,040) Kosten Stromverbr. Beleuchtung, Wert für das 1. Messjahr :				1.OG :	1.078		17,99	194
B. 7	(1,040)								
B. 8	(1,040)								
B. 9	(1,025)								
B10	(1,025)								
B11	(1,025)								
B12	(1,025)								

Zwischensumme B (stat.;1.Jahr) : 194

Zwischensumme B (dyn.;Barwert) : 293

C.	Betriebsgebundene Kosten, Wartung, Instandhaltung etc.								
C.1	(1,015) Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;stat.;1.Jahr) :								286
C.1d									332
C.2	(1,020) zus. Wartung, Reinigung, etc.	169,64 €/Jahr							170
C.3	(1,020)								
C.4	(1,020)	Std/d	d/a	€/h					0
C. ..	(1,020) ...								

Zwischensumme C (stat.;1.Jahr) : 456

Zwischensumme C (dyn.;Barwert) : 538

D	Sonstige Kosten								
D.1	(1,015) Versicherung, Genehmigung etc. (ca. % der Investitionssumme)								
D. ..	(1,015)								

Zwischensumme D (stat.;1.Jahr) : 0

Zwischensumme D (dyn.;Barwert) : 0

Zwischensumme jährliche Betriebskosten ohne Kapital (Summe B,C,D) stat. : 650

Mehrkosten Variante : 310

dyn. : 831

Mehrkosten Variante : 321

E	Jahres-Gesamtkosten(Summe;stat.;1.Jahr) :								
E.1	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a stat. :								2.004
	Jahres-Gesamtkosten(Summe;dyn.;Barw.) :								1.639
E.2	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a dyn. :								2.185
E.3	Spezifische Kosten je ... €/MWh								1.649
	stat. :								

- alle Kosten einschl. USt.

Zinssatz Inv.Kapital zi : 5,0%

Betrachtungszeitraum in Jahren T : 25

Die Mehrkosten mit der automatischen Beleuchtungssteuerung betragen 1649 €/Jahr, bei dynamischer Kostenbetrachtung über 25 Jahre.

## Jahreskosten verschiedener Varianten

Liegenschaft / Projekt : **Staatl. Umweltamt Sondershausen**Variante : **2 herkömmliche Beleuchtungsschaltung**

Meßzyklus: 1. Jahr

( Grobe Kostenaufstellung )

A.	Kapitalgebundene Kosten - nur variantenbezogene Kosten - Anlagen,Bauwerksteil etc.					Kosten Investitionen €	Nutzd. Jahre TN	Kapital- Jahresko- €/a	Instandhalt. 1,5 %	Kosten €/a	Bemerk.
A. 1							25	0	1,5		
A. 2							25	0	1,5		
A. 3							25	0	1,5		
A. 4	Installationskosten Anlage mit Handschaltung						25	0	1,5		
A. 5	Stromstoßschalter etc. (Standard)					362	25	26	1,5	5	
A. 6	(nur die in beiden Schaltungen verschiedenen Komponenten)						25	0	1,5		
A. 7							25	0	1,5		
A. ..	Baunebenkosten, Planungskosten, etc.					0% v. 362	0	25	0		
A50	Summen :					362		26		5	
	Mehrkosten zu anderen Varianten :					0		0		(Add.C1)	
B.	Verbrauchsgebundene Kosten							Menge kWh/a	* E-Preis * CekWh		
B. 1	(1,030)	Energiekosten :									
B. 2	(1,030)										
B. 3	(1,030)										
B. 4	(1,030)										
B. 5	(1,030)										
B. 6	(1,040)	Kosten Stromverbr. Beleuchtung, Wert für das 1. Messjahr :									
B. 7	(1,040)						EG :	1.856		17,99	334
B. 8	(1,040)										
B. 9	(1,025)										
B10	(1,025)										
B11	(1,025)										
B12	(1,025)										
										Zwischensumme B (stat.;1.Jahr) :	334
										Zwischensumme B (dyn.;Barwert) :	504
C.	Betriebsgebundene Kosten, Wartung, Instandhaltung etc.										
C.1	(1,015)	Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;stat.;1.Jahr) :									5
C.1d		Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;dyn.;Barwert) :									6
C.2	(1,020)										0
C.3	(1,020)										
C.4	(1,020)		Std/d	d/a	€/h					0	
C. ..	(1,020)	...									
										Zwischensumme C (stat.;1.Jahr) :	5
										Zwischensumme C (dyn.;Barwert) :	6
D	Sonstige Kosten										
D.1	(1,015)										
D. ..	(1,015)										
										Zwischensumme D (stat.;1.Jahr) :	0
										Zwischensumme D (dyn.;Barwert) :	0
Zwischensumme jährliche Betriebskosten ohne Kapital (Summe B,C,D) stat. :										339	
Mehrkosten Variante :										0	
dyn. :										510	
Mehrkosten Variante :										0	
E	Jahres-Gesamtkosten(Summe;stat.;1.Jahr) :										365
E.1	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a stat. :										0
	Jahres-Gesamtkosten(Summe;dyn.;Barw.) :										536
E.2	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a dyn. :										0
E.3	Spezifische Kosten je ... €/MWh									stat. :	

- alle Kosten einschl. USt.

Zinssatz Inv.Kapital zi :

5,0%

Betrachtungszeitraum in Jahren T :

25

Der Energie- Mehrverbrauch mit der konventionellen Schaltung beträgt 777,8 kWh.

## Jahreskosten verschiedener Varianten

Liegenschaft / Projekt : **Staatl. Umweltamt Sondershausen**Variante : **1 automatische Beleuchtungssteuerung**

Meßzyklus: 2. Jahr

( Grobe Kostenaufstellung )

A.	Kapitalgebundene Kosten - nur variantenbezogene Kosten - Anlagen,Bauwerksteil etc.	St./Anz.	EP	Kosten Investitionen €	Nutzd. Jahre TN	Kapital- Jahreskost €/a	Instandhalt. Kosten 1,5 % €/a	Bemerk.
A. 1					25	0	1,5	
A. 2					25	0	1,5	
A. 3					25	0	1,5	
A. 4	Installationskosten moderne Anlage, mit Multisensoren, Kombi-Modulen,				25	0	1,5	
A. 5	dyn.EVG, Router, Steuerkabel, Programmierung, Parametrierung etc.			19.082	25	1.354	1,5	286
A. 6	(nur die in beiden Schaltungen verschiedenen Komponenten)				25	0	1,5	
A. 7					25	0	1,0	
A. ..	Baunebenkosten, Planungskosten, etc.	0% v.	19.082	0	25	0		
A50	Summen :			19.082		1.354		286
	Mehrkosten zu anderen Varianten :			18.720		1.328	(Add.C1)	

B.	Verbrauchsgebundene Kosten	Menge kWh/a	* E-Preis * Cent/kWh	
B. 1	(1,030) Energiekosten :			
B. 2	(1,030)			
B. 3	(1,030)			
B. 4	(1,030)			
B. 5	(1,030)			
B. 6	(1,040) Kosten Stromverbr. Beleuchtung, Wert für das 1. Messjahr :		EG :	1.291 17,99 232
B. 7	(1,040)			
B. 8	(1,040)			
B. 9	(1,025)			
B10	(1,025)			
B11	(1,025)			
B12	(1,025)			

Zwischensumme B (stat.;1.Jahr) : 232

Zwischensumme B (dyn.;Barwert) : 351

C.	Betriebsgebundene Kosten, Wartung, Instandhaltung etc.	
C.1	(1,015) Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;stat.;1.Jahr) :	286
C.1d	(1,015) Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;dyn.;Barwert) :	332
C.2	(1,020) zus. Wartung, Reinigung, etc. 169,64 €/Jahr	170
C.3	(1,020)	
C.4	(1,020) Std/d d/a €/h	0
C. ..	(1,020) ...	

Zwischensumme C (stat.;1.Jahr) : 456

Zwischensumme C (dyn.;Barwert) : 538

D	Sonstige Kosten	
D.1	(1,015) Versicherung, Genehmigung etc. (ca. % der Investitionssumme)	
D. ..	(1,015)	

Zwischensumme D (stat.;1.Jahr) : 0

Zwischensumme D (dyn.;Barwert) : 0

Zwischensumme jährliche Betriebskosten ohne Kapital (Summe B,C,D) stat. : 688

Mehrkosten Variante : 468

dyn. : 889

Mehrkosten Variante : 558

E	Jahres-Gesamtkosten(Summe;stat.;1.Jahr) :	2.042
E.1	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a stat. :	1.796
	Jahres-Gesamtkosten(Summe;dyn.;Barw.) :	2.243
E.2	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a dyn. :	1.886
E.3	Spezifische Kosten je ... €/MWh stat. :	

- alle Kosten einschl. USt.

Zinssatz Inv.Kapital zi : 5,0%

Betrachtungszeitraum in Jahren T : 25

Die Mehrkosten mit der automatischen Beleuchtungssteuerung betragen 1886 €/Jahr, bei dynamischer Kostenbetrachtung über 25 Jahre.



## Jahreskosten verschiedener Varianten

Liegenschaft / Projekt : **Staatl. Umweltamt Sondershausen**Variante : **2 herkömmliche Beleuchtungsschaltung**

Meßzyklus: 2. Jahr

( Grobe Kostenaufstellung )

A.	Kapitalgebundene Kosten - nur variantenbezogene Kosten - Anlagen,Bauwerksteil etc.				Kosten Investitionen €	Nutzd. Jahre TN	Kapital- Jahresko- €/a	Instandhalt. 1,5 % Kosten €/a	Bemerk.
A. 1						25	0	1,5	
A. 2						25	0	1,5	
A. 3						25	0	1,5	
A. 4	Installationskosten Anlage mit Handschaltung					25	0	1,5	
A. 5	Stromstoßschalter etc. (Standard)				362	25	26	1,5	5
A. 6	(nur die in beiden Schaltungen verschiedenen Komponenten)					25	0	1,5	
A. 7						25	0	1,5	
A. ..	Baunebenkosten, Planungskosten, etc.				0% v. 362	0	25	0	
A50	Summen :				362		26	5	
	Mehrkosten zu anderen Varianten :				0		0	(Add.C1)	
B.	Verbrauchsgebundene Kosten						Menge kWh/a	* E-Preis * CekWh	
B. 1	(1,030)	Energiekosten :							
B. 2	(1,030)								
B. 3	(1,030)								
B. 4	(1,030)								
B. 5	(1,030)								
B. 6	(1,040)	Kosten Stromverbr. Beleuchtung, Wert für das 1. Messjahr :							
B. 7	(1,040)				1.OG :		1.195	17,99	215
B. 8	(1,040)								
B. 9	(1,025)								
B10	(1,025)								
B11	(1,025)								
B12	(1,025)								
Zwischensumme B (stat.;1.Jahr) :									215
Zwischensumme B (dyn.;Barwert) :									325
C.	Betriebsgebundene Kosten, Wartung, Instandhaltung etc.								
C.1	(1,015)	Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;stat.;1.Jahr) :							5
C.1d		Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;dyn.;Barwert) :							6
C.2	(1,020)								0
C.3	(1,020)								
C.4	(1,020)								
C. ..	(1,020)	...			Std/d	d/a	€/h		0
Zwischensumme C (stat.;1.Jahr) :									5
Zwischensumme C (dyn.;Barwert) :									6
D	Sonstige Kosten								
D.1	(1,015)								
D. ..	(1,015)								
Zwischensumme D (stat.;1.Jahr) :									0
Zwischensumme D (dyn.;Barwert) :									0
Zwischensumme jährliche Betriebskosten ohne Kapital (Summe B,C,D) stat. :									220
Mehrkosten Variante :									0
dyn. :									331
Mehrkosten Variante :									0
E	Jahres-Gesamtkosten(Summe;stat.;1.Jahr) :								246
E.1	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a stat. :								0
	Jahres-Gesamtkosten(Summe;dyn.;Barw.) :								357
E.2	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a dyn. :								0
E.3	Spezifische Kosten je ... €/MWh							stat. :	

- alle Kosten einschl. USt.

Zinssatz Inv.Kapital zi :

5,0%

Betrachtungszeitraum in Jahren T :

25

Der Energie- Minderverbrauch mit der konventionellen Schaltung beträgt 96 kWh.

## Jahreskosten verschiedener Varianten

Liegenschaft / Projekt : **Staatl. Umweltamt Sondershausen**Variante : **1 automatische Beleuchtungssteuerung**

Bewertung im Durchschnitt beider Jahre

( Grobe Kostenaufstellung )

A.	Kapitalgebundene Kosten - nur variantenbezogene Kosten - Anlagen,Bauwerksteil etc.	St./Anz.	EP	Kosten Investitionen €	Nutzd. Jahre TN	Kapital- Jahreskost €/a	Instandhalt. Kosten 1,5 % €/a	Bemerk.
A. 1					25	0	1,5	
A. 2					25	0	1,5	
A. 3					25	0	1,5	
A. 4	Installationskosten moderne Anlage, mit Multisensoren, Kombi-Modulen,				25	0	1,5	
A. 5	dyn.EVG, Router, Steuerkabel, Programmierung, Parametrierung etc.			19.082	25	1.354	1,5	286
A. 6	(nur die in beiden Schaltungen verschiedenen Komponenten)				25	0	1,5	
A. 7					25	0	1,0	
A. ..	Baunebenkosten, Planungskosten, etc.	0% v.	19.082	0	25	0		
A50	Summen :			19.082		1.354		286
	Mehrkosten zu anderen Varianten :			18.720		1.328	(Add.C1)	

B.	Verbrauchsgebundene Kosten	Menge kWh/a	* E-Preis * C€/kWh	
B. 1	(1,030) Energiekosten :			
B. 2	(1,030)			
B. 3	(1,030)			
B. 4	(1,030)			
B. 5	(1,030)			
B. 6	(1,040) Kosten Stromverbr. Beleuchtung, Wert für das 1. Messjahr :		EG :	1.243
B. 7	(1,040)			17,99
B. 8	(1,040)			224
B. 9	(1,025)			
B10	(1,025)			
B11	(1,025)			
B12	(1,025)			

Zwischensumme B (stat.;1.Jahr) : 224

Zwischensumme B (dyn.;Barwert) : 338

C.	Betriebsgebundene Kosten, Wartung, Instandhaltung etc.	
C.1	(1,015) Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;stat.;1.Jahr) :	286
C.1d	(1,015) Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;dyn.;Barwert) :	332
C.2	(1,020) zus. Wartung, Reinigung, etc. 169,64 €/Jahr	170
C.3	(1,020)	
C.4	(1,020) Std/d d/a €/h	0
C. ..	(1,020) ...	

Zwischensumme C (stat.;1.Jahr) : 456

Zwischensumme C (dyn.;Barwert) : 538

D	Sonstige Kosten	
D.1	(1,015) Versicherung, Genehmigung etc. (ca. % der Investitionssumme)	
D. ..	(1,015)	

Zwischensumme D (stat.;1.Jahr) : 0

Zwischensumme D (dyn.;Barwert) : 0

Zwischensumme jährliche Betriebskosten ohne Kapital (Summe B,C,D) stat. : 680

Mehrkosten Variante : 388

dyn. : 876

Mehrkosten Variante : 438

E	Jahres-Gesamtkosten(Summe;stat.;1.Jahr) :	2.033
E.1	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a stat. :	1.717
	Jahres-Gesamtkosten(Summe;dyn.;Barw.) :	2.230
E.2	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a dyn. :	1.767
E.3	Spezifische Kosten je ... €/MWh stat. :	

- alle Kosten einschl. USt.

Zinssatz Inv.Kapital zi : 5,0%

Betrachtungszeitraum in Jahren T : 25

Die Mehrkosten mit der automatischen Beleuchtungssteuerung betragen 1767 €/Jahr, bei dynamischer Kostenbetrachtung über 25 Jahre.

## Jahreskosten verschiedener Varianten

Liegenschaft / Projekt : **Staatl. Umweltamt Sondershausen**Variante : **2 herkömmliche Beleuchtungsschaltung**

Bewertung im Durchschnitt beider Jahre

( Grobe Kostenaufstellung )

A. Kapitalgebundene Kosten - nur variantenbezogene Kosten - Anlagen,Bauwerksteil etc.						Kosten Investitionen €	Nutzd. Jahre TN	Kapital- Jahresko €/a	Instandhalt. 1,5 %	Kosten €/a	Bemerk.	
A. 1							25	0	1,5			
A. 2							25	0	1,5			
A. 3							25	0	1,5			
A. 4	Installationskosten Anlage mit Handschaltung						25	0	1,5			
A. 5	Stromstoßschalter etc. (Standard)					362	25	26	1,5	5		
A. 6	(nur die in beiden Schaltungen verschiedenen Komponenten)						25	0	1,5			
A. 7							25	0	1,5			
A. ..	Baunebenkosten, Planungskosten, etc.					0% v. 362	0	25	0			
A50	Summen :					362		26		5		
	Mehrkosten zu anderen Varianten :					0		0		(Add.C1)		
B. Verbrauchsgebundene Kosten								Menge kWh/a		* E-Preis * CekWh		
B. 1	(1,030)	Energiekosten :										
B. 2	(1,030)											
B. 3	(1,030)											
B. 4	(1,030)											
B. 5	(1,030)											
B. 6	(1,040)	Kosten Stromverbr. Beleuchtung, Wert für das 1. Messjahr :										
B. 7	(1,040)					1.OG :		1.588		17,99	286	
B. 8	(1,040)											
B. 9	(1,025)											
B10	(1,025)											
B11	(1,025)											
B12	(1,025)											
										Zwischensumme B (stat.;1.Jahr) :	286	
										Zwischensumme B (dyn.;Barwert) :	431	
C. Betriebsgebundene Kosten, Wartung, Instandhaltung etc.												
C.1	(1,015)	Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;stat.;1.Jahr) :									5	
C.1d		Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;dyn.;Barwert) :									6	
C.2	(1,020)										0	
C.3	(1,020)											
C.4	(1,020)		Std/d	d/a	€/h						0	
C. ..	(1,020)	...										
										Zwischensumme C (stat.;1.Jahr) :	5	
										Zwischensumme C (dyn.;Barwert) :	6	
D Sonstige Kosten												
D.1	(1,015)											
D. ..	(1,015)											
										Zwischensumme D (stat.;1.Jahr) :	0	
										Zwischensumme D (dyn.;Barwert) :	0	
Zwischensumme jährliche Betriebskosten ohne Kapital (Summe B,C,D) stat. :										291		
Mehrkosten Variante :										0		
dyn. :										438		
Mehrkosten Variante :										0		
E Jahres-Gesamtkosten(Summe;stat.;1.Jahr) :										317		
E.1	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a stat. :									0		
Jahres-Gesamtkosten(Summe;dyn.;Barw.) :										463		
E.2	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a dyn. :									0		
E.3	Spezifische Kosten je ... €/MWh									stat. :		

- alle Kosten einschl. USt.

Zinssatz Inv.Kapital zi : 5,0%

Betrachtungszeitraum in Jahren T : 25

Der Energie- Mehrverbrauch mit der konventionellen Schaltung beträgt 345 kWh.

**Grenzwertbetrachtung zur 1. Messperiode**Liegenschaft / Projekt : **Staatl. Umweltamt Sondershausen**Variante : **1 automatische Beleuchtungssteuerung**

Messzyklus: 1. Jahr

( Grobe Kostenaufstellung )

A.	Kapitalgebundene Kosten - nur variantenbezogene Kosten - Anlagen,Bauwerksteil etc.					Kosten Investitionen €	Nutzd. Jahre TN	Kapital- Jahreskost €/a	Instandhalt. 1,5 %	Kosten €/a	Bemerk.
A. 1						25	0	1,5			
A. 2						25	0	1,5			
A. 3						25	0	1,5			
A. 4	Installationskosten moderne Anlage, mit Multisensoren, Kombi-Modulen,					25	0	1,5			
A. 5	dyn.EVG, Router, Steuerkabel, Programmierung, Parametrierung etc.					19.082	25	1.354	1,5	286	
A. 6						25	0	1,5			
A. 7						25	0	1,0			
A. ..	Baunebenkosten, Planungskosten, etc.					0% v.	19.082	0	25	0	
A50						Summen :	19.082	1.354		286	
						Mehrkosten zu anderen Varianten :	18.720	1.328		(Add.C1)	
B.	Verbrauchsgebundene Kosten							Menge kWh/a	* E-Preis * C€/kWh		
B. 1	(1,030)	Energiekosten :									
B. 2	(1,030)										
B. 3	(1,030)										
B. 4	(1,030)										
B. 5	(1,030)										
B. 6	(1,040)	Kosten Stromverbr. Beleuchtung, Wert für das 1. Messjahr :					2.OG :	0,00	17,99	0,00	
B. 7	(1,040)										
B. 8	(1,040)										
B. 9	(1,025)										
B10	(1,025)										
B11	(1,025)										
B12	(1,025)										
										Zwischensumme B (stat.;1.Jahr) :	0
										Zwischensumme B (dyn.;Barwert) :	0
C.	Betriebsgebundene Kosten, Wartung, Instandhaltung etc.										
C.1	(1,015)	Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;stat.;1.Jahr) :									286
C.1d		Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;dyn.;Barwert) :									332
C.2	(1,020)	zus. Wartung, Reinigung, etc.					169,64 €/Jahr			170	
C.3	(1,020)										
C.4	(1,020)										
C. ..	(1,020)	...								0	
										Zwischensumme C (stat.;1.Jahr) :	456
										Zwischensumme C (dyn.;Barwert) :	538
D	Sonstige Kosten										
D.1	(1,015)	Versicherung, Genehmigung etc. (ca. % der Investitionssumme)									
D. ..	(1,015)										
										Zwischensumme D (stat.;1.Jahr) :	0
										Zwischensumme D (dyn.;Barwert) :	0
										Zwischensumme jährliche Betriebskosten ohne Kapital (Summe B,C,D) stat. :	456
										Mehrkosten Variante :	0
										dyn. :	538
										Mehrkosten Variante :	0
E	Jahres-Gesamtkosten(Summe;stat.;1.Jahr) :										1.810
E.1	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a stat. :										547
	Jahres-Gesamtkosten(Summe;dyn.;Barw.) :										1.892
E.2	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a dyn. :										0
E.3	Spezifische Kosten je ... €/MWh										stat. :
- alle Kosten einschl. USt.										Zinssatz Inv.Kapital zi :	5,0%
Betrachtungszeitraum in Jahren T :										25	

**Grenzwertbetrachtung zur 1. Messperiode**Liegenschaft / Projekt : **Staatl. Umweltamt Sondershausen**Variante : **2 herkömmliche Beleuchtungsschaltung**

Messzyklus: 1. Jahr

( Grobe Kostenaufstellung )

A. Kapitalgebundene Kosten - nur variantenbezogene Kosten - Anlagen,Bauwerksteil etc.										Kosten Investitionen €	Nutzd. Jahre TN	Kapital- Jahreskos €/a	Instandhalt. 1,5 %	Kosten €/a	Bemerk.	
A. 1										25	0	1,5				
A. 2										25	0	1,5				
A. 3										25	0	1,5				
A. 4	Installationskosten Anlage mit Handschaltung									25	0	1,5				
A. 5	Stromstoßschalter etc. (Standard)							362	25	26	1,5	5				
A. 6										25	0	1,5				
A. 7										25	0	1,5				
A. ..	Baunebenkosten, Planungskosten, etc.							0% v. 362	0	25	0					
A50								Summen :	362		26		5			
								Mehrkosten zu anderen Varianten :	0		0		(Add.C1)			
B. Verbrauchsgebundene Kosten												Menge kWh/a	* E-Preis * Cet/kWh			
B. 1	(1,030)	Energiekosten :														
B. 2	(1,030)															
B. 3	(1,030)															
B. 4	(1,030)															
B. 5	(1,030)															
B. 6	(1,040)	Kosten Stromverbr. Beleuchtung, Wert für das 1. Messjahr :														
B. 7	(1,040)							1.OG :			6.848		17,99		1.232	
B. 8	(1,040)															
B. 9	(1,025)															
B10	(1,025)															
B11	(1,025)															
B12	(1,025)															
														Zwischensumme B (stat.;1.Jahr) :	1.232	
														Zwischensumme B (dyn.;Barwert) :	1.860	
C. Betriebsgebundene Kosten, Wartung, Instandhaltung etc.																
C.1	(1,015)	Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;stat.;1.Jahr) :													5	
C.1d		Instandhaltung(Summe aus Zeile A50;dyn.;Barwert) :													6	
C.2	(1,020)														0	
C.3	(1,020)															
C.4	(1,020)															
C. ..	(1,020)	...														
														Zwischensumme C (stat.;1.Jahr) :	5	
														Zwischensumme C (dyn.;Barwert) :	6	
D Sonstige Kosten																
D.1	(1,015)															
D. ..	(1,015)															
														Zwischensumme D (stat.;1.Jahr) :	0	
														Zwischensumme D (dyn.;Barwert) :	0	
														Zwischensumme jährliche Betriebskosten ohne Kapital (Summe B,C,D) stat. :	1.238	
														Mehrkosten Variante :	782	
														dyn. :	1.866	
														Mehrkosten Variante :	1.328	
E Jahres-Gesamtkosten(Summe;stat.;1.Jahr) :										1.263						
E.1	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a stat. :													0		
Jahres-Gesamtkosten(Summe;dyn.;Barw.) :										1.892						
E.2	Mehrkosten dieser Variante ( 0 = wirtschaftlichste Variante ) €/a dyn. :													0		
E.3	Spezifische Kosten je ... €/MWh													stat. :		
- alle Kosten einschl. USt.										Zinssatz Inv.Kapital zi :	5,0%					
										Betrachtungszeitraum in Jahren T :	25					

Bei einem jährlichen Energie- Mehrverbrauch von 6.848 kWh für die konventionelle Schaltung gegenüber der automatischen Beleuchtungssteuerung wären die Kosten über 25 Jahre gleich.  
Der tatsächliche Energieverbrauch mit der konventionellen Schaltung beträgt aber nur 1.857 kWh,  
der Energie- Mehrverbrauch mit der konventionellen Schaltung beträgt 778.8 kWh.

### **Chronologischer Ablauf der Mängelbeseitigung:**

- Übergabe an den Nutzer Dezember 2004
- Bis einschließlich 13.01.2006 : 4 Mängelrügen mit Terminsetzung wegen wiederholt auftretender technischer Probleme der MDS
- 20.01.2006: LON- Integrator bittet über die Elektroinstallateur um Fristverlängerung, da die Probleme mit dem Hersteller bzgl. Technik + Kosten noch nicht geklärt werden konnten. Schriftliche Stellungnahme für 23.01.2006.
- 23.01.2006 : 5 Melder zur Überprüfung - Antwort Hersteller:  
Geräte arbeiten entsprechend ihrer Spezifikation als Bewegungsmelder korrekt, erfassen allerdings einen ruhenden Wärmefleck nicht!
- 19.02.2006 : Kontrolle der eingestellten Nachlaufzeit (15 Min.). Die automatische Abschaltung funktioniert nur bei 13 Büroräumen (=19%). Alle anderen Zimmer mussten manuell ausgeschaltet werden.
- 27.02.2006 Neuer Test im Beisein des Errichters: 24 Sensoren sind defekt = 35 %  
Etage 1: 1.22, 1.27, 1.28, 1.29, 1.31, 1.36  
Etage 2: 2.12, 2.15, 2.16, 2.17, 2.19 , 2.21, 2.22, 2.24, 2.25  
Etage 3: 3.10, 3.11, 3.14, 3.16, 3.18, 3.22, 3.24, 3.25, 3.28
- 27.02.2006 : Stellungnahme des bauleitenden IB zur Wahl des Sensors (Ausschreibung)
- 01.03.2006: Angebot des Herstellers über den Errichter: Vorhandene Geräte werden gegen Geräte neuerer Bauart ausgetauscht (Modifizierte elektronische Steuerung + verbesserte technische Eigenschaften + höhere Unempfindlichkeit gegen äußere Einflüsse). Dadurch auch „bessere“ Bewegungserfassung möglich.
- Vororttermin am 09.03.2006 mit Hersteller / Errichter / Nutzer:  
Austausch von 3 Meldern in den Räumen 1.22, 1.27 und 1.36 gegen Melder der neuen Generation MDS-S1.  
Es sind nur geringfügige mechanische Anpassungen notwendig, außerdem ist die Farbgleichheit gewährleistet.
- Nutzerreaktion positiv, Melder der neuen Generation arbeiten korrekt! Spürbar höhere Empfindlichkeit. Nachlaufzeit wieder 10 Minuten. Terminvereinbarung zum Austausch der restlichen Präsenzmelder kann erfolgen. Allerdings nutzerseitige Beschwerden wegen eines zu lauten Klickgeräusches .
- Durch den Hersteller wird dem SUA zugesichert, dass technische Möglichkeiten geprüft werden sollen, um eine Geräuschminderung zu erreichen. Der Kompletttausch der Melder sollte dann bereits in schallgedämmter Ausführung erfolgen.
- Nach dem darauf folgenden Tausch der „restlichen“ Deckensensoren wird vom Nutzer jedoch bemängelt, dass vom Hersteller keine Maßnahmen unternommen wurden, den Geräuschpegel beim Schalten der Relais zu mindern.  
Die Anlage arbeitet ansonsten insgesamt fehlerfrei.
- Nach weiteren Beschwerden zum störenden „Klickgeräusch“ durch den Nutzer hat das Staatsbauamt die Sachlage noch einmal geprüft. Es handelt sich bei der vom Nutzer wiederholt geschilderten Problematik um keinen Mangel, so dass nach Rücksprache mit der hauseigenen Rechtsabteilung des Staatsbauamtes keine Nachbesserung vom Auftragnehmer gefordert werden kann.
- Nachfragen beim Hersteller ergaben, dass in den neuen MDS die gleichen Relais wie in der vorherigen Baureihe integriert sind. Vermutlich entsteht durch die geänderte kleinere Gehäuseform eine andere Schallausbreitung.

- Ein Versetzen des Relais bzw. das Einbringen von Schaumstoff zur Reduzierung des Schallpegels ist nach herstellerinterner Prüfung nicht möglich.
- Der vom Hersteller gebrachte Hinweis, die Nachlaufzeit der Sensoren zu erhöhen (um das „Klicken“ zu minimieren) wird vom LON- abgelehnt, da dies massive Auswirkungen auf den nachgeschalteten Lichtregler hat. Damit wären Probleme, wie im Vorfeld unterschiedliche Erfassungs- und Ausschaltzeiten, zu erwarten.
- Beim Geschäftsstellenleiter des SUA gehen weiterhin wöchentlich Beschwerden wegen der zu hohen Lärmbelästigung ein. Einige Mitarbeiter decken die Sensoren mit Pappe / Papier ab. Der Nutzer fordert trotz festgestellter Energieeinsparung den Rückbau der Beleuchtungssteuerung, falls keine Lösung zur Dämmung der Sensoren gefunden wird.
- Wiederholte Nachfragen beim Hersteller lassen zunächst keine neuen technischen Möglichkeiten erkennen. Es wird jedoch weiter nach Lösungsansätzen gesucht.  
Zu prüfen wäre, ob das Einsetzen eines Schaumstoff- oder Gummiringes zwischen Gehäuse, Leuchtenzwischenteil und Abdeckring eine schallseitige Entkoppelung bringen würde.
- Juli 2006 Hersteller stellt dem Nutzer einen mit Gießharz ausgegossenen Melder versuchsweise zur Verfügung
- Ende August 2006: Der Nutzer äußert sich positiv. Resultat: Alle Melder werden an den Hersteller gesandt und nach Vergießen wieder eingebaut. Der zeitliche Aufwand für den Aus- und Einbau wird der Elektroinstallationsfirma separat vergütet.

Anlage 8: Klimadaten Wetterstation Erfurt-Bindersleben

Deutscher Wetterdienst - Klimadaten Deutschland

**Monatswerte der Station 10554 Erfurt-Bindersleben**

Abkürzung	Einheit	Bedeutung
QN		Qualitätsniveau
TNN	°C	Minimum der Temperatur in 2m über dem Erdboden
TNM	°C	Mittleres Tagesminimum der Temperatur in 2m über dem Erdboden
TMM	°C	Mittel der Temperatur in 2m über dem Erdboden
TXM	°C	Mittleres Tagesmaximum der Temperatur in 2m über dem Erdboden
TXX	°C	Maximum der Temperatur in 2m über dem Erdboden
<b>SOS</b>	<b>Stunden</b>	<b>Summe der Sonnenscheindauer</b>
NMM	Achtel	Mittel des Bedeckungsgrades
RSS	mm	Summe der Niederschlagshöhe
RSX	mm	Maximum der täglichen Niederschlagshöhe
FMM	Bft	Mittel der Windstärke
FXX	m/sec	Maximum der Windgeschwindigkeit in 10m Höhe (Spitzenböe)

STAT	JJJJMM	QN	TNN	TNM	TMM	TXM	TXX	SOS	NMM	RSS	RSX	FMM	FXX
10554	200803	3	-8,7	0,2	4,0	8,0	18,3	126,8	5,9	55,1	7,5	3,7	30,3
10554	200802	3	-9,8	-1,0	3,2	7,0	16,4	111,9	5,0	20,2	6,4	3,1	18,9
10554	200801	3	-5,1	1,1	3,9	6,4	13,1	77,6	6,1	18,4	3,8	3,8	21,3
10554	200712	7	-9,4	-1,6	0,8	2,8	12,1	45,7	6,3	28,2	7,8	3,2	23,1
10554	200711	10	-4,4	0,8	3,2	5,8	12,7	40,7	6,5	55,5	7,5	3,3	20,7
10554	200710	10	-0,6	4,5	7,8	11,4	20,6	99,5	5,7	6,8	2,3	2,3	18,0
10554	200709	10	2,3	7,7	12,4	16,9	23,9	148,9	5,1	119,8	45,0	3,1	18,1
10554	200708	10	4,1	11,2	16,7	21,8	27,8	217,4	4,7	135,4	75,0	2,5	17,1
10554	200707	10	8,0	12,5	17,4	22,6	35,0	212,5	5,4	115,9	41,1	3,2	26,4
10554	200706	10	7,6	12,4	17,3	22,6	29,2	232,0	5,2	78,4	27,5	2,7	18,3
10554	200705	10	1,4	8,2	14,2	19,6	29,1	249,9	4,7	100,6	23,8	3,0	23,9
10554	200704	10	-4,1	3,6	10,6	16,8	24,4	296,3	3,5	7,8	3,6	2,5	15,3
10554	200703	10	-4,4	0,8	5,7	10,8	17,2	171,0	4,6	46,3	15,4	3,2	23,1
10554	200702	10	-3,2	0,7	3,8	7,1	13,1	71,4	6,4	27,8	4,5	3,0	18,6
10554	200701	10	-13,1	1,1	4,4	6,8	13,5	57,0	6,2	40,5	8,3	4,5	33,0
10554	200612	10	-5,6	1,4	4,3	6,9	13,8	71,1	5,9	14,2	3,8	3,4	24,1
10554	200611	10	-4,1	3,6	7,1	10,5	18,3	85,2	5,8	27,7	6,5	3,6	20,8
10554	200610	10	1,8	8,4	12,0	15,9	24,0	127,7	5,7	39,0	11,9	3,0	20,9
10554	200609	10	5,3	11,4	17,1	22,9	27,1	242,9	3,8	16,2	6,8	2,5	18,4
10554	200608	10	7,2	11,0	15,1	20,2	25,3	134,4	5,8	96,2	11,6	3,1	18,3
10554	200607	10	10,6	15,2	21,9	28,2	34,5	344,1	3,1	85,4	63,2	2,2	18,3
10554	200606	10	2,7	10,3	16,3	21,5	29,3	287,9	4,4	48,3	12,6	2,2	16,3
10554	200605	10	2,0	7,6	12,9	17,9	23,8	237,1	4,6	65,3	18,5	3,1	22,6
10554	200604	10	-2,9	3,0	7,9	12,6	21,2	158,4	5,7	51,8	15,2	2,9	19,1
10554	200603	10	-8,8	-2,1	1,0	4,2	17,6	116,1	6,0	49,0	10,9	2,9	22,9
10554	200602	10	-13,7	-4,5	-1,6	1,0	8,3	61,3	6,5	18,2	3,5	3,0	22,3
10554	200601	10	-14,6	-7,3	-4,2	-1,3	4,4	101,1	4,9	9,8	2,1	2,4	16,5
10554	200512	10	-9,4	-2,0	0,5	2,6	7,3	47,0	6,5	24,0	5,2	3,4	31,7
10554	200511	10	-4,9	1,3	4,1	7,1	17,5	85,5	5,5	30,0	11,7	3,0	17,7
10554	200510	10	-0,8	6,9	11,0	15,5	19,9	182,2	4,0	23,6	14,0	2,6	18,5
10554	200509	10	1,3	9,7	15,2	20,6	29,8	213,5	3,8	63,8	21,5	2,3	15,5
10554	200508	10	7,3	11,0	15,7	20,6	27,6	173,1	5,3	47,7	7,7	2,6	14,6
10554	200507	10	7,2	12,4	18,1	23,6	31,5	234,3	5,1	69,6	25,2	2,8	20,0
10554	200506	10	2,8	9,9	15,9	21,0	30,2	254,5	5,1	47,7	20,9	2,5	22,0
10554	200505	10	0,0	7,3	12,6	17,8	31,4	231,6	5,4	45,2	15,8	2,7	19,7
10554	200504	10	-3,2	3,4	9,1	14,2	21,3	197,8	4,7	37,8	9,1	2,5	20,4
10554	200503	10	-12,1	-0,9	3,1	7,2	18,9	159,0	5,7	22,6	7,4	2,9	20,5
10554	200502	10	-14,9	-5,3	-2,0	0,8	10,8	78,6	5,8	38,3	11,7	3,1	21,7
10554	200501	10	-8,6	-0,8	1,7	4,1	12,1	71,5	5,8	25,1	10,8	4,0	24,3





